
В.Г. Денисов
КОСМОНАВТ И КОСМИЧЕСКИЙ КОРАБЛЬ
СССР

В. Г. Денисов

КОСМОНАВТ И КОСМИЧЕСКИЙ КОРАБЛЬ



МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1979

ББК 39.62
Д33
УДК 629.78(023.11)

Научный редактор Герой Советского Союза,
канд. техн. наук, летчик-космонавт Е. В. Хрунов

Денисов В. Г.

Д33 Космонавт и космический корабль.— М.: Машиностроение, 1979, 158 с., ил.
25 к.

Книга в популярной форме рассказывает о достижениях советской и мировой космонавтики. В ней рассмотрены проблемы взаимодействия человека с техникой на космических кораблях и станциях, вопросы оптимальной совместимости оператора-космонавта с многочисленным бортовым оборудованием. Изложены особенности космических кораблей с точки зрения обеспечения функционирования системы «космонавт — корабль», рассмотрены современные системы, применяемые на борту, и их сочетание с неисчерпаемыми возможностями хорошо подготовленных операторов исследователей, испытателей.
Книга рассчитана на широкий круг читателей.

Д $\frac{31901\text{-}174}{038(01)\text{-}79}$ 174-79. 3607000000

ББК 39.62
6Т6

ВВЕДЕНИЕ

Примечательная особенность середины XX века — бурное развитие науки и техники.

При всем желании не успеваешь не только охватить, осмыслить существа открытий, изобретений, технических решений, но даже уследить за потоком информации. Возникают новые отрасли, рождаются новые науки — их сейчас во всемирном научном реестре зарегистрировано свыше 2900!

Ученых и инженеров занимают все более узкие проблемы, хотя порой происходит неожиданный синтез наук, казалось бы далеких друг от друга. Достижениям нет числа, но, пожалуй, в наибольшей мере проявились они в области изучения атома, в ракетной технике, в авиации и космонавтике.

XX век стал веком освоения атомной энергии и выхода человека в космическое пространство.

Космонавтика превратила безбрежный океан Вселенной из вековой тайны сначала в арену подвига, а затем в источник богатейшей научной информации, а в будущем — и в этом у ученых и специалистов нет никаких сомнений — превратит его в источник энергии и многих материальных благ для людей на Земле.

Диалектика развития космонавтики такова, что возникнув на основе высокоразвитой экономики, науки и техники, вобрав в себя все вершинные их достижения, она сама становится мощным стимулятором дальнейшего развития. Из мира грез и звездной мечты космонавтика вышла на передний край современного научно-технического прогресса, оказывает воздействие на многие области жизни и деятельности человечества.

Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг. предусмотрено продолжать изучение и освоение космического пространства, расширять исследования по применению космических средств при изучении природных ресурсов Земли, в метеорологии, океанологии, навигации, связи и для других нужд народного хозяйства.

Эти указания партии успешно реализуются нашим народом.

Эра практической космонавтики была открыта немногим более 20 лет назад запуском первого советского искусственного спутника Земли. Это эпохальное событие потрясло весь мир, оно поразило человеческое воображение, вызвало волнение и переживания небывалого свойства. Чувство гордости за свою страну, за нашу передовую науку и технику соединились с неизбежными размышлениями о влиянии новых достижений научно-технической революции на нынешние судьбы и будущее человечества.

Чтобы поднять в космос первое искусственное тело и осуществить орбитальный полет, потребовалось сделать очень многое. Необходимо было создать отечественную высокоразвитую промышленность, подготовить высококвалифицированные кадры, объединить вершинные достижения многих наук в единое целое.

Потребовалось создать мощную ракетную технику, сконструировать такую ракету, которая обеспечила бы, как говорил К. Э. Циолковский, «скорость полета, равную не менее восьми верстам в секунду», надо было сконструировать сам спутник, «начинить» его необходимой аппаратурой, рассчитать орбиту спутника, создать системы управления спутником.

Современные космические корабли — детище ученых, конструкторов, рабочих — подтверждение жизненных замыслов Циолковского.

Люди не только «подобрали ключи» к космосу, но и широко «распахнули двери» в этот суровый, ранее совсем неведомый и загадочный мир. Мечты, гипотезы и научное предвидение К. Э. Циолковского, усилия нового поколения советских ученых под руководством выдающегося ученого и инженера С. П. Королева, труд наших рабочих стал тем прочным фундаментом, на котором удалось воздвигнуть первые и, можно сказать, исключительно сложные этажи «космического дома».

Новоселами в нем стали прославленные космонавты, и первый среди них Ю. А. Гагарин.

Всего двадцать с небольшим лет практической космонавтике, а каковы ее успехи!

От первого, совсем маленького, но очень дорогого всем нам советского спутника — до тысячи с лишним «Космосов»!

От 108 гагаринских минут свидания с космосом — до 175 суток Владимира Ляхова и Валерия Рюмина. Получена новая информация о Земле, космическом пространстве, о работе систем космических кораблей и орбитальных станций, о поведении человека в длительном полете, о космической технологии.

Всего не перечислишь! Ясно одно — космонавтика, ее результаты прочно входят в нашу повседневную жизнь и образ мысли, в научные программы и народнохозяйственные планы. Наша космонавтика — одно из важных направлений научно-технического прогресса.

Эта книга расскажет вам, дорогой читатель, о том, зачем человек исследует и обживает космос, как его встречает этот суровый мир, чем занимаются в полете космонавты, как в полете создается и применяется гибридная человеко-машинная система, как специалисты осуществляют «подгонку» техники к человеку и обеспечивают «подбор» человека к технике.

ГЛАВА I

ЗАЧЕМ ЧЕЛОВЕК УСТРЕМЛЯЕТСЯ В КОСМОС?

«От жажды умираю над ручьем», — сказал великий французский поэт Франсуа Вийон. Потому что, если ты человек, — тебе никогда не напиться досыта, никогда не знать утоленности души, мысли, любви... Никогда не исчерпать ручья жизни. Если ты — человек. Человек всегда будет «голоден» — ему присуща жажда познания. Природа наградила человека неоценимым свойством: он любознателен, всегда стремится узнать неведомое, открыть что-то новое.

Невооруженным глазом человек видел несколько тысяч звезд, а когда в 1609 году Галилей направил сконструированную им подзорную трубу на небо, он обнаружил их в сто раз больше. Он увидел фазы Венеры, пятна на Солнце, горы, кратеры и равнины на Луне, вокруг Юпитера оказалось четыре неведомых до того спутника... Современная астрономия со своей мощной техникой во сто крат увеличила возможности человека по изучению космических объектов. Теперь мы уже знаем, что основными элементами Вселенной являются не звезды, а громадные звездные скопления — туманности. Их количество исчисляется миллионами, а расстояние между ними составляет многие тысячи и миллионы световых лет (световой год — расстояние, которое луч света проходит за один год).

Уже свыше пятидесяти лет тому назад 250-сантиметровый рефлектор расширил границы видимого пространства с нескольких миллионов до полумиллиарда световых лет, позволил обнаружить многие тысячи туманностей. Это — целые миры, разбросанные довольно равномерно во всех направлениях. Мы сами живем в туманности, состоящей приблизительно из 20 миллиардов звезд — так называемой Галактике, которая напоминает по форме тарелку, вращающуюся в пространстве.

Для того чтобы пройти путь от одного конца Галактики до другого, лучам света требуется сто тысяч лет.

Глядя со своего скалистого «обломка», именуемого Землей, на таинственный мир звезд, галактик, пыли и плазмы, человек издавна задавал себе естественные и простые вопросы. Что мы видим? Откуда все это взялось? Как развивается? Одиноки ли мы в этом мире? Эти вопросы и в наши дни волнуют астрофизиков и космологов. На современном языке их можно сформулировать следующим образом: конечна ли Вселенная или бесконечна? Обладает ли она кривизной, как считал А. Эйнштейн, или же она плоская, как считал Эвклид? Возникла ли она в результате грандиозного взрыва и будет ли расширяться до бесконечности, так что ее средняя плотность устремится к нулю? Всегда ли она была такой, как теперь, или же периоды расширения и сжатия чередуются? Во многих ли местах Вселенной имеются условия для развития жизни или наша Земля в этом отношении уникальна? Для решения этих задач могут быть использованы новые мощные космические средства. Говоря о космосе, можно утверждать, что наши земные представления часто оказываются совершенно недостаточными для понимания окружающего нас мира. Чтобы познать Вселенную, необходимо выбраться «из клетки параллелей и меридианов», полететь в ее пространство. Наступил период, когда люди уже могут исследовать и понять происходящие в космосе процессы, огромные по своим масштабам, — начиная от термоядерных реакций, являющихся источником энергии звезд, до рождения целых миров. Определить их влияние на земную жизнь и поставить их на службу человечеству — наша задача.

В недрах некоторых звезд вещество имеет плотность в миллионы раз большую, чем самое плотное вещество, встречающееся на Земле. Какое оно, это сверхплотное вещество? В космическом пространстве плотность газа в миллиарды раз меньше, чем в условиях самого лучшего лабораторного опыта. Каков он, этот газ? Космические лучи — это явление огромных масштабов и колоссальной энергии. Но космические лучи — типичный объект микромира, поскольку они состоят из элементарных частиц, из ядер различных химических элементов. Разве откажется человек от того, чтобы досконально изучить эти лучи? А разгадали ли мы до конца загадки

энергетики в космосе? Откуда берутся эти гигантские запасы энергии, например, на Солнце? Наше дневное светило за одну секунду излучает тепловой энергии столько, что ее хватило бы растопить ледяную «корку» толщиной более 1000 километров на площади, равной замной поверхности! А загадки фантастически ярко светящихся квазизвезд — квазаров? Общий выход энергии в квазарах равен энергии миллиарда солнц. Вполне возможно, что изучение квазаров приведет ученых к пониманию многих процессов, происходящих во Вселенной, и подобно открытию термоядерных реакций окажет существенное влияние на развитие современной физики и на технический прогресс человеческого общества.

С проникновением астрономических инструментов в космос, за пределы земной атмосферы, астрономия — одна из древнейших наук — получает свое новое рождение: специалисты смогут изучать планеты и звезды в самом широком диапазоне излучений, исходящих от них.

Нечего и говорить о том, насколько важно исследовать состояния вещества в космосе. Так, поверхность Луны, миллионы веков пребывающая в «абсолютном» вакууме, бомбардируемая космическими лучами, ультрафиолетовым и рентгеновским излучениями, находится в состоянии, не имеющем аналогов среди земных пород.

«Наука — полководец, практика — солдат», — так говорил Леонардо да Винчи. И это верно: наука ведет практику, освещает ее путь. Уже сегодня есть основания говорить о той реальной практической пользе, которую получает человечество от космических полетов, от создания спутников, кораблей, станций...

Многие процессы на Земле требуют глобального охвата, и их изучение возможно только с помощью средств, пользуясь которыми можно будет проводить исследования по всему земному шару одновременно. Ряд научно-технических проблем можно решить только лишь находясь в космическом пространстве.

Наука должна «дышать». Космонавтика, полеты в беспредельную даль — есть тот самый «живительный кислород», без которого уже немыслим прогресс науки.

Здесь уместно вспомнить разговор, состоявшийся в свое время между английским королем Георгом IV и

великим Фарадеем. Ученый показал королю опыт, в ходе которого при пропускании электрического тока по медному проводу находящаяся рядом магнитная стрелка вращалась. Этот эксперимент не вызвал каких-либо впечатлений у короля. И он лишь с усмешкой поинтересовался: в чем же смысл, значение опыта? И в ответ услышал: «А каково назначение только что народившегося младенца?»

Мы знаем, какую революцию в технике и жизни людей произвели этот и подобные ему опыты ученых. Так будет и с космонавтикой — этим «младенцем», родившимся в 50-х годах нашего века.

Космические исследования тесно связаны с чисто земными проблемами. Уже первые советские спутники Земли решали ряд вопросов нашей повседневной жизни. Они, в частности, сообщали ученым сведения об ионосфере, т. е. о верхней области земной атмосферы, которая состоит из электрических заряженных частиц, — эти данные нужны для прогнозирования радиосвязи, для создания радиоаппаратуры. Изучение орбиты движения спутников дало возможность определить крупные районы магнитных аномалий. Спутники помогли открыть и изучить радиационные пояса Земли и связанные с ними физические явления. На основе полетов спутников создана модель земной атмосферы до высот 1000 и более километров. Они помогли подробно изучить свойства космических лучей, химический состав околоземного пространства, коротковолновое излучение Солнца и радиоизлучение галактик, характеристики микрометеоров и т. д.

Дальнейшие успехи астрономии, физики, биологии, геологии, всех основных естественных наук тесно связаны с космическими исследованиями.

Можно утверждать, что появление человека в просторах Вселенной вызовет рано или поздно подлинный переворот во всей системе наших естественно-научных и технических знаний. Этот переворот превзойдет по своему размаху, значению и последствиям все предшествующие научные, технические, промышленные революции.

За прошедшие двадцать лет космической эры космос исследуется и изучается как автоматами, так и непосредственно человеком. После своего рода «при-

стрелочных» полетов человек сделал огромные успехи в изучении и освоении космоса.

Автоматы сфотографировали нашу соседку Луну. На Селене побывали луноходы, с ее поверхности доставлены образцы лунного грунта, сам человек побывал на Луне; автоматы «высаживались» на поверхность Марса и Венеры; автоматы направляются в более дальние районы Вселенной — собирать данные о крупнейших планетах Солнечной системы Юпитере и Сатурне.

Люди подолгу работали на космических орбитах, выходили в открытый космос.

В Советском Союзе, как и в ряде других стран, создана новая отрасль промышленности — космическая, с отрядом высококвалифицированных кадров.

Мы не только ведем исследования космоса, но и создаем с помощью космических средств системы, которые уже успешно служат нашему народному хозяйству.

Функционирует спутниковая метеорологическая система «Метеор», информация которой используется для составления прогнозов погоды. Сегодня уже, по существу, мы имеем длительно действующую космическую метеорологическую обсерваторию: за сутки она сообщает объем сведений, во много раз превышающий ту информацию, что поступает от всех десяти тысяч метеорологических станций Земного шара. Правильные прогнозы погоды оказывают неизмеримую услугу всем отраслям народного хозяйства и позволяют экономить огромные средства.

М. В. Ломоносов в свое время говорил, что если люди научатся точно предсказывать погоду, то им нечего будет просить у бога.

А теперь поставим такой вопрос: сколько может стоить правильный прогноз погоды?

Экономические эксперты США подсчитали, что при составлении надежного прогноза погоды на 5 суток суммарный эффект в хозяйственных отраслях составит около 6 млрд. долларов. Из них около 2 миллиардов получит сельское хозяйство, в котором урожай страдает и от заморозков, града, пыльных бурь, вымокания посевов, размывания полей селями, паводками. Немалый урон от стихийных бедствий несет коммунальное хозяйство вследствие затопления населенных пунктов, повреждения различных сооружений. А транспорт? Десять процентов

авиарейсов задерживается из-за плохой погоды. Большие убытки несут мореплавание, строительство. Эти цифры заставляют нас серьезно подумать об экономическом эффекте, получаемом от космических метеосредств, с помощью которых мы все более и более точно предсказываем погоду.

С помощью спутниковой системы связи «Молния» и наземных станций «Орбита» обеспечивается радио-, телеграфная, телефонная и телевизионная связь центра страны с отдаленными северными, восточными и южными районами. Эта система как бы спрессовала огромные расстояния и приблизила окраины к центру.

На базе спутников уже функционируют системы космической навигации, обеспечивающие исключительно высокие точности вождения самолетов и морских кораблей. И это дает огромный экономический эффект.

Уже в самом начале космической эры в мире было создано не менее трех тысяч новых технологических методов, технических средств, образцов продукции, подавляющее число которых оказалось пригодным и для чисто земных целей.

Происходит своеобразная космизация земных наук и земной техники.

Наша страна стала первой в создании орбитальных околоземных станций.

Орбитальные научные станции — выдающееся достижение советской космонавтики. Об их роли в исследовании и освоении космоса Генеральный секретарь ЦК КПСС Л. И. Брежнев еще в 1969 г. говорил: «Советская наука рассматривает создание орбитальных станций со сменяемыми экипажами, как магистральный путь человека в космос. Они могут стать «космодромами в космосе», стартовыми площадками для полетов на другие планеты. Возникнут крупные научные лаборатории для исследования космической технологии и биологии, медицины и геофизики, астрономии и астрофизики».

Время, прошедшее после запуска первой станции «Салют», подтвердило правильность избранного направления развития космической техники. Наши станции сейчас — это настоящие многопрофильные научно-исследовательские лаборатории на орбите.

Масштабы деятельности людей на Земле таковы, что их в какой-то мере можно сравнить с природными

геологическими силами. Человек все решительнее и энергичнее вторгается в сложившиеся стихийно-сбалансированные природные процессы, что вызывает порой неожиданные, непредвиденные последствия. Сегодня экологические проблемы стоят в центре внимания ученых всех стран. Решить их во многом поможет космонавтика. С космических станций можно проводить съемки облачного покрова и местности в интересах геологов, специалистов сельского, лесного, водного, рыбного хозяйств, гляциологов, метеорологов и других специалистов. С орбитальных станций Земля видна, как на «блюдечке». Космонавт и автоматы могут фиксировать различного рода природные явления, способные повлечь за собой катастрофические последствия — ураганы, цунами, пожары, загрязнения воздушного и водного бассейнов.

В будущем мы станем свидетелями создания в космосе непрерывно действующей системы постоянного контроля за состоянием земной атмосферы, рек и озер, Мирового океана, посевов сельскохозяйственных культур и лесных массивов.

Космонавтика поможет не только правильно прогнозировать погоду на Земле, но и, возможно, позволит в будущем управлять погодой на благо человечества. Обширная и достоверная информация о Земле, полученная из космоса, позволит своевременно планировать осуществление наиболее эффективных мер по защите природы, по обеспечению экологического равновесия человека и природы.

Благодаря прогрессу космонавтики буквально на наших глазах возникает и развивается новая область человеческой деятельности — технология в космосе. Условия космического пространства и космического полета — глубочайший вакуум и низкие температуры, невесомость, которые или чрезвычайно трудно или вообще невозможно создать в земных условиях, как бы «преподносят» специалистам — технологам, производственникам — неведомую доселе природную лабораторию, новые технологические линии, целые новейшие производства.

В таких условиях специалисты предполагают изготавливать различные композиционные материалы, выращивать уникальные кристаллы, получать лекарства

высокой эффективности, которые на Земле создать вообще невозможно.

Сырье для функционирования фабрик, заводов и лабораторий на орбите можно будет доставлять транспортными кораблями с Земли или добывать на Луне, астероидах и на планетах. Специалисты рассматривают проекты больших производственных поселений на орбитах.

Мы являемся свидетелями того, что начинают сбываться вещие слова К. Э. Циолковского о том, что освоение космоса принесет человечеству «горы хлеба и бездну могущества».

ГЛАВА 2

40001-я профессия — КОСМОНАВТ

Каждому школьнику известен древнегреческий миф об Икаре. Юноша взлетел высоко в небо, но солнечные лучи растопили воск, скреплявший перья его крыльев. Смельчак упал в море и погиб. Это был первый, правда, мифологический прообраз космонавта.

А о подвиге реального героя, который первым в России пытался летать на самодельных крыльях, рассказывают архивные документы, обнаруженные в городе Владимире. В 1565 г. «смерд Никита, боярского сына Лупатова холоп», сделал крылья и совершил на них полет с вышки царского дворца в Александровской слободе (ныне город Александров Владимирской области), где жил тогда Иван Грозный. Подробности полета не известны, зато о последствиях его в царском указе говорится коротко и жестоко: «Человек — не птица, крыльев не имать. А ще кто приставит себе аки крылья деревянна, противу естества творит, за сие содружество с нечистой силой отрубить выдумщику голову, тело окоянного, пса смердящего бросить свиньям на съедение, а выдумку после священные литургии огнем сжечь».

Но никакие запреты, никакие угрозы и «указания» о том, что «человек — не птица», что он самой природой связал себя только с Землей, — ничто не удержало человека на родной планете. Он все-таки оторвался от Земли, полетел, опираясь на созданную им же могучую технику. Но всем ли суждено осуществить эти мечты и планы?

На заре развития авиации было так: чтобы стать воздушным пассажиром, надо было представить справку от врача. Значит, летали только физически здоровые

люди. Об этом мы сейчас забыли — а прошло всего каких-то 40—50 лет!

В иачале космической эры, очень немиогие могли занять место в кабине звездолета и приобрести профессию космоиавта.

Вспомиим: в 60-е годы даже были установлены ограиичения по массе и росту космоиавта. Потом такие жесткие ограиичения были сняты. Но и в иастоящее время ие всякий жаждущий войти в отряд космонавтов — будь-то члеи экипажа или научиый сотрудиик — может стать космоиавтом.

Полет в космос того или иного индивидуума характеризуется прежде всего необычной средой, в которой космонавту приходится жить и работать. А она требует особых навыков, особой устойчивости оргаиизма, моральиой и физической подготовки, т. е. всех качеств, позволяющих космоиавту без заметной потери работоспособиости продолжительиое время иаходиться и работать в полете.

Далеко ие всякий желающий стать космоиавтом подходит для этой профессии. Но космонавтика, полет в космос — ие только удел избраииых. Возможио, когда-нибудь появятся даже космические путешествеиики, но вряд ли чтобы это было доступио каждому. Скорее всего, ими все-таки будут люди, организм которых обладает достаточной устойчивостью к факторам космического полета.

И это иесмотря иа все усовершеиствоваиия в ракетио-космической технике.

А для экипажей космических кораблей, тех, для кого звездиые трассы будут рабочими трассами, как и сегодия для летчиков или космонавтов, остаиутся обязательными специальный отбор, особые тренировки, медициискне иаблюдения.

Первый полет человека в космическое пространство опроверг многие опасеиия. Коиечио, этот полет готовился тщательио. Ему предшествовал ие одии орбитальиый виток кораблей с животными на борту. Этими полетами было доказаио, что живое существо может приспособиться к необычным условиям космических путешествий, к отрыву от Земли — этого родиого для нас дома. А 108 «гагаринских минут» подтвердили то, что хорошо подготовленный и треиироваиный человек,

обычный человек с его природными «плюсами» и «минусами» может не только жить, но и работать на космических трассах. Вслед за пионером космоса в заоблачные дали взлетели другие — и наши космонавты, и американские астронавты. Затем мир был восхищен тем, что советская женщина — В. Николаева-Терешкова — стала первой в мире женщиной-космонавтом. Ее многосуточный полет совместно с В. Быковским «уравнял» советскую женщину с мужчиной не только на земле, но и в космических просторах. Значит, и женщина может быть космонавтом!

Что же это за профессия — космонавт?

Официальный справочник перечисляет 5984 профессии. Но это далеко не все. Как уверяют специалисты, в наше время существует и развивается около 10 тысяч различных профессий, со специальностями и квалификациями — 40 тысяч. Сорок тысяч!

В чем же суть этой профессии? Сформировалась ли уже она, или еще находится в пути? Что ожидает ее в обозримой перспективе? Что она требует от человека, который хочет овладеть этой необычной профессией? Эти и многие другие вопросы, связанные с ними, занимают умы людей.

Да, эта профессия очень редкая, не массовая. Ведь до сих пор из четырех миллиардов жителей нашей планеты в космическом пространстве побывало всего лишь несколько десятков землян.

Эта «небесная» профессия не имеет аналогов среди весьма большого числа известных всем и широко распространенных земных профессий. Но она становится все более земной — посланцы нашей планеты с борта космического корабля не только устремляют свой взгляд на далекие планеты, звезды и их скопления, а изучают Землю, как бы заново ее открывают для себя. Многие их помыслы направлены на то, чтобы больше узнать о древней нашей обители, о том, что ее окружает, от чего зависят условия жизни на Земле, и на то, чтобы улучшить наш земной дом. Они планируют создать на орбитах космическое производство и изготовлять то, что нужно людям на Земле, и что в земных условиях сделать невозможно. Они мечтают создать на орбитах огромной мощности электростанции, работающие на даровой солнечной энергии, и передавать эту энергию на Землю...

Профессия — космонавт... Она рождалась на наших глазах, приобретала новые черты, развивалась, все более уверенно входила в жизнь человечества.

Так кто же такой космонавт?

Обратимся к Маленькой энциклопедии по космонавтике (изданной в 1970 г.). Там мы встретим такое определение: «Космонавт — это человек, прошедший специальную медико-биологическую и техническую подготовку и принявший участие в космическом полете в качестве пилота или члена экипажа». Это определение, наверное, правильное, но оно (если его не раскрыть) мало еще о чем говорит нам.

Какие же функции выполняет космонавт в полете?

В полете, например на орбитальной станции, необходимо осуществлять операции по ориентации и стабилизации станции относительно какого-либо ориентира на небесной сфере (Солнца или другой звезды, Земли, Луны или другой планеты); длительные полеты вокруг Земли, как правило, сопровождаются однократными или многократными стыковками кораблей к станции; полет при взлете ракетно-космического комплекса до выхода корабля (станции) на орбиту и при спуске корабля после схода с орбиты также в принципе должен быть управляемым. Эти функции могут выполнять как автоматы, так и в ряде случаев — космонавты.

Космонавты (с помощью технических средств) должны осуществлять навигационные измерения (т. е. определять место корабля), корректировать траекторию полета.

Космонавты в полете заняты также управлением и контролем различных бортовых систем корабля (станции).

Космонавты являются исследователями Земли, ее атмосферы, различных небесных тел, космического пространства, они ведут различные биологические и медицинские исследования.

Они занимаются также испытаниями кораблей и их систем.

Космонавт — на орбите, обслуживает системы, ремонтирует их.

Что же говорят о своей профессии сами космонавты и как ее определяют ученые?

«Космонавт — говорил еще Ю. А. Гагарин, — это

прежде всего человек, деятельность которого протекает в необычных условиях, оказывающих на его организм сильные воздействия, нередко близкие к предельно переносимым. Успех полета, являющегося завершающим этапом труда многочисленных коллективов, зависит от того, насколько хорошо космонавт подготовлен к выполнению поставленных задач».

Другие ученые и космонавты — В. Небылицин, А. Леонов, В. Лебедев, В. Севастьянов, А. Урсул — рассматривают деятельность космонавта как разновидность операторского труда. Такой подход был правомерен в первые годы становления космонавтики. В книге А. Леонова и В. Лебедева «Восприятие пространства и времени в космосе» об этом говорится так: «Оператор космического корабля должен выполнять параллельно несколько управленческих функций, которые могут быть связаны с весьма далекими друг от друга областями науки и техники. Например, контроль за работой аппаратуры замкнутого или полузамкнутого экологического цикла требует биологических знаний, а контроль за режимом и траекторией полета — астрономических и навигационных знаний.

Понятие операторской деятельности точно отражает место космонавта в системе «человек — космический корабль».

Но роль человека в космических исследованиях растет очень быстрыми темпами. «Опыт космических лет,— писал Ю. А. Гагарин, — подтвердил огромную роль человека в космосе для успеха научных исследований».

Мы вправе выделить профессионально-трудовую деятельность людей вне Земли как качественно новый тип целесообразной деятельности со специфическими способами действия, трудовыми операциями и навыками. Родоначальником новой профессии, предъявляющей определенные требования к здоровью и физическим данным человека, профессии смелых, отважных, всесторонне подготовленных покорителей космоса стал советский летчик-истребитель.

По мере расширения и углубления космических исследований значение этой профессии будет все время возрастать. В настоящий период четкого определения профессии космонавта пока еще нет, хотя имеются некоторые теоретические наметки, касающиеся профессиональных особенностей деятельности космонавтов.

Прекрасно сказал о космонавтах Юрий Алексеевич Гагарин: «Романтики в профессии космонавта с избытком. Но теперь все уже знают, что дорога в космос не усыпана розами. И те, кто пошел по этой дороге, — не фанатики, не роботы, не винтики и колесики космического механизма, это упорные, смелые люди. В каждом из них есть что-то свое, неповторимое».

Разумеется, не только люди, их характеры, подход к делу формируют особенности этой профессии. Сама она тоже накладывает отпечаток на человека.

В 1969 году накануне старта «великолепной семерки» возник разговор на тему: считают ли космонавты работу в космосе подвигом? Валерий Кубасов сказал: «Обычная профессия в необычных условиях». Правда, через несколько лет, дважды слетав в космос, он уже не был так категоричен...

Подвиг... Когда произносишь это слово, возникает образ человека, стремительно рванувшегося вперед через любые препятствия. Но посмотрим, как трактуется это слово в толковом словаре... «героический, самоотверженный поступок или действие, совершаемое в трудных условиях».

Условия действительно уникальные, и слишком много в профессии космонавта неизвестных проблем, она еще очень не скоро станет массовой. Космонавт — испытатель самой передовой техники, «проводник» самых смелых идей.

«Наша профессия — продолжил В. Кубасов, — годы напряженного труда на Земле, собранность воли и зрелость мысли в космосе — все, чтобы труд тысяч людей не пропал даром. А это гораздо сложнее, чем совершить какой-то пусть очень благородный, но мгновенный поступок».

В канун старта журналисты спросили экипаж «Союза-26»:

— Что главное в профессии космонавта?

— Сознание того, что там, на орбите, ты полномочный представитель многих людей, которые делали станцию, корабль, научную аппаратуру, — сказал Ю. Романенко.

— Умение работать в любых условиях, в том числе не очень комфортабельных — я имею в виду невесомость, — добавил Г. Гречко. — Космонавты часто говорят, что на орбите чувствуешь себя легко, не ощуща-

ешь своего тела, но все-таки мы привыкли к земному тяготению, а невесомость — необычное состояние. Оно постоянно дает о себе знать. Так вот: надо ежедневно сражаться с невесомостью, но в то же время успевать сделать как можно больше.

Это было сказано перед стартом. А теперь, когда Юрий Романенко и Георгий Гречко вернулись из полета, следует обязательно добавить: профессия космонавта требует мужества — каждодневного, ежечасного. И этот космический подвиг коллективен, потому что в любом полете, а особенно таком длительном и сложном, как их, труд космонавта впитывает в себя бессонные ночи конструктора и мастерство рабочего, знания ученого и инженера.

И это накладывает на космонавтов еще большую ответственность за свою работу, еще больше возвеличивает профессию космонавта.

— Мы обсуждали вашу новую смежную профессию, — говорит космонавтам оператор Центра управления. — Кто вы? Докеры, грузчики, такелажники?

— Пожалуй, докеры, — отвечает Г. Гречко.

— Я согласен. Все-таки есть корабль и океан космический, — добавляет Романенко. — Конечно же, докеры...

— Действительно, уже с самого начала работ с орбитальными научными станциями, — говорит один из создателей «Салюта-6» и грузового корабля «Прогресс» профессор К. П. Феоктистов, — мы понимали, что для длительного функционирования необходимо наладить грузопоток с Земли на орбиту. Дело в том, что в процессе эксплуатации станции идет непрерывное расходование бортовых запасов пищи, воды и даже воздуха. При каждом шлюзовании, которое требуется для удаления отходов, тратится какая-то часть атмосферы станции, значит, ее нужно восполнять азотом и кислородом. Выход космонавтов в открытый космос через переходный отсек — это уже заметная трата атмосферы. Расходуется топливо для ориентации станции, коррекции орбиты.

Обеспечение нормальных условий жизни экипажа также требует определенных расходов. Например, надо периодически менять регенераторы кислорода, фильтры, которые поглощают вредные примеси в атмосфере станции. Банный день поглощает немало воды. Наконец,

довольно большая статья расходов — белье, салфетки, полотенца.

Длительное функционирование станции требует периодической замены отдельных узлов, деталей. Ведь орбитальная станция — это сложнейшая машина, которая состоит из тысяч отдельных элементов, обладающих различной надежностью, ресурсом. Одни из них эксплуатируются интенсивно, другие нет. Поэтому ясно, что профилактическая замена узлов и агрегатов просто необходима для надежной работы всего комплекса, а на борту нельзя иметь безграничные резервы запасных частей.

По самым скромным подсчетам, каждый день эксплуатации станции означает расход 20—30 килограммов запасов различных материалов, оборудования, который необходимо пополнять, чтобы обеспечить длительную работу на орбите. Поэтому грузовые корабли для дальнейшего освоения космоса нужны не меньше, чем пассажирские. Успешные полеты «Прогресса» показали, что советская космонавтика решила проблему доставки грузов на орбиту, и это имеет большое значение для обживания космоса.

По мнению О. Г. Макарова, космическая техника еще переживает эпоху становления — перед ней множество проблем и в том числе, таких, как, например, распределение «обязанностей» между человеком и автоматикой. Человека на борту надо использовать наиболее эффективно. Незачем ему поручать простые задачи или те, с которыми лучше справится автоматика. В решении этой проблемы значительна роль инженера, понимающего возможности и автоматики и самого космонавта.

— Мы не можем пока позволить себе роскошь послать на орбиту экипаж, состоящий, скажем, из пилота, навигатора, инженера, медика, астронома, биолога, — развивает ту же тему Олег Макаров. — Пока не можем: «рабочее место» в космосе дорого. Значит, приходится совмещать многие специальности.

Как-то спросили О. Макарова: «Чем вас увлекает профессия космонавта?»

Он подумал немного, а потом ответил:

— Тем, что в ней нет предела знаниям, есть только движение вперед. Она подразумевает необходимость постоянно постигать что-то новое. Тем она трудна и тем она привлекательна.

Профессия космонавта до сих пор окружена особым ореолом. Теперь уже реже называют ее романтической, хотя мальчишки по-прежнему играют в космонавтов, да и твердо определившие свой путь в жизни люди не без доброй зависти следят за подвигами покорителей космоса — теми самыми, о которых в Звездном сдержанно говорят: работа.

На борту космических кораблей уже побывали ученые. Правда, ученые всегда привлекались и будут привлекаться в наземную службу для своеобразного «дублирования» работы, проводимой на борту космонавтами, не имеющими специальной научной подготовки. Находясь на борту, ученый может выдвигать гипотезы относительно тех явлений, в исследовании которых он принимает участие. Тем самым, он может быть инициатором того, чтобы наземная служба принимала решения для обеспечения проверки его гипотез. Он может также, обсудив отдельные вопросы и получив совет наземного центра, гибко изменять программу намеченных экспериментов. Если же исследования проводит член экипажа, не имеющий специальной подготовки, он действует по заранее разработанной жесткой программе, которую ему трудно изменить самому в случае необходимости.

Возрастающая продолжительность полетов и удлинение периода подготовки к полету делают желательным расширение участия членов экипажа, в особенности ученых, в разработке и проведении научных экспериментов. Современная практика подготовки эксперимента главным образом учеными, которые сами не участвуют в полете, с его последующим проведением на борту корабля членами эпипажа, возможно, уступит место системе, предполагающей расширение функций самих членов экипажа. Поскольку при межпланетных полетах будут длительные периоды, не требующие активной операторской деятельности, возможности для научных исследований на борту расширятся, поэтому желательно, чтобы на корабле находились лица, обладающие серьезной научной подготовкой. Вследствие отдаленности во времени момента запуска от использования оборудования, предназначенного для научных исследований на другой планете, эффективность работы приборов будет в значительной мере зависеть от умения экипажа сохранить их и правильно использовать. Интерес членов

экипажа к научному эксперименту, несомненно, возрастет, если им будет отведена значительная роль в разработке и планировании этого эксперимента.

Сама профессия космонавта заставила смотреть на нее иначе — она развивается и обогащается вместе с развитием космических исследований.

От космонавтов их профессия исследователя требует овладения многочисленной и сложной аппаратурой. В процессе подготовки к полету экипажи учатся не только пользоваться инструментами, но и налаживать их, при необходимости устранять возникшие сбои.

Ну и, наконец, обслуживание систем на станциях предполагает очень широкую инженерную подготовку, умение справляться с большим количеством самых разнообразных приборов, механизмов, быть одновременно и испытателем.

В подготовке любого экипажа этот общий план работ «обрастает» подробностями, и за каждой — бездна труда, кропотливого, ежедневного, многолетнего.

В космосе может случиться много неожиданностей, много того, что не поддается детальному прогнозированию. Но фундамент знаний и навыков, приобретенных до полета, научный и технический кругозор экипажа формируются и закладываются на Земле: в конструкторских бюро, научно-исследовательских институтах, в Центре подготовки космонавтов. Именно здесь космонавт становится профессионалом. Полет же служит своего рода практической проверкой того, что многократно проигрывалось на тренажерах, в лабораториях, в гидробассейне, на многочисленных стендах, в полетах на самолетах и т. д.

На долговременных орбитальных станциях, увеличивающаяся продолжительность полетов, насыщение рабочих программ, т. е. все то, что происходит уже сегодня, не исключает одного важного определения в профессиональной деятельности космонавтов. Да, они исследователи, экспериментаторы и испытатели.

Что такое испытатель в космосе? Это не просто пилот, бортинженер или инженер-исследователь. Это человек, который, «пробуя» станцию или корабль, их оборудование и научную оснастку в разных ситуациях, разных режимах, должен оценить в каждый момент работы, в каждый момент испытаний их технические качества, возможности, рациональность и удобство ком-

поновки, надежность и т. д. Это должен быть не просто талантливый и знающий человек, но и хорошо подготовленный исследователь — инженер, практик, знакомый не только с космической техникой сегодняшнего дня, но и видящий перспективы ее развития и использования. От характеристики же, которую он дает кораблю и станции с учетом всего того, чем они оборудованы, зависит судьба того или иного конструктивного решения, той или иной методики... Так что подбор экипажей, обеспечение четкого взаимодействия в их работе — один из важнейших вопросов.

Подготовка космического экипажа предусматривает умение каждого его члена управлять кораблем и станцией, обслуживать их штатные системы. Кроме того, предусматривается более узкая специализация космонавтов в какой-либо области знаний, с тем чтобы они достаточно глубоко разбирались в тех конкретных задачах, которые им придется решать в полете. Однако эта специализация предполагает, что каждый из них должен быть готов выполнить любую другую работу, предусмотренную программой полета. Естественно, качество ее будет определяться уровнем специализации космонавта.

Таким образом, программа подготовки экипажа к полету направлена на подготовку космонавтов широкого профиля, имеющих достаточно глубокие знания в области астрономии, физики, геологии, метеорологии, медицины и других дисциплин. Что касается конструкции и функционирования жизненно важных систем корабля, управления системами на основных этапах полета, то все это космонавты должны знать досконально.

Экипажи советских космических кораблей, как правило, состоят из двух человек: командира корабля и бортового инженера, отвечающих за выполнение программы полета и осуществляющих все операции, связанные с управлением кораблем и обеспечивающих функционирование его систем. Оба члена экипажа выполняют также весь объем научных исследований и экспериментов.

В экипаже из трех человек третий космонавт выполняет основную часть научной и экспериментальной работы. Это инженер-исследователь. В одном из экипажей третьим был врач-космонавт. Но и в этом слу-

чае любой из членов экипажа может в случае необходимости заменить товарища и выполнить его работу.

Двадцать лет — небольшой срок для становления профессии, необычной уже потому, что космос — среда, мало приспособленная для обитания человека. Каждый выход на орбиту по-прежнему остается подвигом и одновременно рабочей вахтой.

Интересна и разнообразна была научная программа «Салюта-6». Пока ученые в основном лишены возможности лично вести исследования на орбите. И, возможно, у некоторых складывается впечатление, что космонавты выполняют функции простых исполнителей — операторов. Это далеко не так. Сколько раз в беседах с учеными, планировавшими тот или иной раздел научной программы для этой экспедиции, в Центре управления полетом были слышны их реплики по поводу поступающих с орбиты сведений: «вот уж неожиданный результат», «это подтверждает нашу гипотезу», «надо будет внести коррективы в методику».

О месте и роли космонавта-ученого, исследователя в свое время сказал Сергей Павлович Королев: «Отныне ученому доступны не только сухие цифры и записи приборов, фото- и телеметрические пленки, показания датчиков. Нет, ему сейчас доступно свое, живое восприятие событий, чувство пережитого и виденного, ему представляется увлекательнейшая возможность вести исследования так, как он этого желает, тут же анализировать полученные результаты и продвигаться далее».

В настоящее время основой деятельности экипажа в полете все больше становится исследовательско-экспериментальная, испытательская работа в интересах многих отраслей науки и техники, а также решения задач, имеющих важное народнохозяйственное значение.

Космонавту приходится встречаться с новыми, неизвестными науке явлениями. Он должен уметь выделить это неизвестное. Процесс познания в космическом полете очень специфичен, так как проходит в необычных условиях, вне прямого общения с людьми или в процессе общения с небольшим коллективом.

Летчики-космонавты СССР В. Шаталов и Б. Волынов, исследовав и испытав в полете способы автономного сближения космических кораблей, пришли к выво-

ду, что методика ручного причаливания является правильной. Вместе с тем они внесли ряд предложений по дальнейшему совершенствованию космической техники в целях улучшения условий работы экипажа, методики ручного управления причаливанием.

Исходя из результатов испытаний, В. Шаталов дал рекомендации по совершенствованию методов ручного управления сближением и причаливанием, а также подготовки экипажей для решения этой задачи.

Е. Хрунов получил в космосе спектры сумеречного ореола земной атмосферы, разработал методику спектрофотометрирования ореола, описал явление ночного светящегося слоя, определил высоту его верхней границы и указал возможности его использования в качестве опорной навигационной линии при автономной навигации и ориентации космического корабля. Он оценил возможности космонавта по проведению визуальных наблюдений наземных объектов, выполнению метеорологических и некоторых геофизических исследований внутри и вне корабля, дал рекомендации по усовершенствованию методики проведения научных экспериментов, способов регистрации экспериментальных данных.

А сколько для науки, как исследователи, дали последующие экипажи, которые работали на космических орбитальных станциях «Салют» и транспортных кораблях «Союз»!

Планомерный ход исследований на станции нарушается, когда возникают эпизодические работы, такие, например, как переключение тех или иных систем с основного комплекта на дублирующий, чтобы они «изнашивались» равномерно, наконец, замена агрегатов, выработавших свой ресурс: скажем, регенераторов воздуха или фильтров вредных примесей.

Кроме того, при возникновении непредвиденных ситуаций космонавты вынуждены своими силами проводить проверочные работы. В начале полета «Салюта-6», например, Центр управления изо дня в день регистрировал, что в сборники конденсата поступает меньше воды, чем должно быть по расчетам. Представляете, куда-то пропало ведро воды... Где оно? Вдруг конденсируется на холодных частях станции? А если при этом замкнет электроразъемы? Космонавтам было выделено время, чтобы вскрыть панели и осмотреть все подозреваемые места. Оказалось, подозрения напрасны: все сухо. За-

гадка. В конце концов оказалось, что по целому ряду причин в систему регенераций поступает конденсата в виде паров меньше, чем это предполагалось по расчету.

Значит, космонавты могут и обслуживать системы и ремонтировать.

В случае отказа систем корабля благополучное возвращение на Землю будет в основном зависеть от способности членов экипажа устранить возникшие неисправности. Как известно, существуют два в какой-то мере различных подхода к проблеме обеспечения исправности систем: один преследует цель облегчить человеку операции по устранению неисправностей, а другой — обеспечить максимум надежности при работе систем. В процессе конструирования космических кораблей для длительных полетов придется принимать ряд важных решений в этой области. Какие способы обеспечения исправности следует предусмотреть? Будут ли все технические неисправности купироваться переключением на резервные системы? Будет ли производиться замена целых узлов или же космонавту придется заниматься отдельными компонентами?

Космонавт — профессия необычная, комплексная. Поэтому в лице космонавта сочетаются и летчик, управляющий сложной машиной, и испытатель, выполняющий большой объем разнообразных научных исследований.

Не так уж высока вершина ракеты. Однако путь к ней не проще, чем на самые высокие горы Земли. И победа почетнее. Альпинистам надо иметь мужество, закаленное тело, навыки, которые даются упорными тренировками, да нехитрое снаряжение. А космонавтам — еще сотни разных качеств и, главное, надо безукоризненно знать, сложную современную технику. «Покорить» вершину ракеты пока смогли немногие. На всей планете космических «альпинистов» всего около сотни.

О профессии космонавта и космонавтике вообще профессор К. П. Феоктистов размышляет, глядя на них одновременно с нескольких точек зрения: человека, успешно совершившего полет; конструктора, давно и непосредственно занятого созданием космических аппаратов; ученого, думающего о перспективах освоения космического пространства. Такой «стереоскопический» взгляд особенно интересен.

Он считает, что формирование профессии космонавта еще не закончено. Важный признак вполне сложившейся профессии он видит в той доле рабочего времени, которую человек непосредственно отдает выполнению своих профессиональных обязанностей. Скажем, у инженера, математика подготовка занимает годы, а работа — десятилетия. У космонавта же сам полет длится максимум месяцы, а подготовка к нему — годы. Феоктистов не сомневается, что соотношение изменится, да оно и меняется. Если принять во внимание процесс эволюции космонавтики, то можно сказать, что в будущем полеты станут продолжительнее и чаще.

При рассмотрении профессии космонавта необходимо не забывать специфических условий, в которых приходится работать космонавту. Здесь и особая среда обитания человека: малый объем помещения, частичная изоляция, гиподинамия, особенности микроклимата, эмоциональная напряженность, оторванность от Земли, особенности жизни и деятельности в составе микроколлектива, отсутствие притока внешних раздражений, известные неудобства быта, специфическое питание, отсутствие или непривычная смена дня и ночи и др.

Тут и факторы, связанные с динамикой полета, такие как шум, вибрация, перегрузка и главное — длительная невесомость.

Нельзя забывать и о своеобразии самой космической среды, неуютной, враждебной для жизни человека, с вредными ионизирующими излучениями, глубоким вакуумом, огромными перепадами температур, микрометеорами и др.

Героическая профессия космонавта предъявляет необычайно высокие требования к психофизиологическим возможностям человека. Поэтому принципы и методы, выработанные для отбора и подготовки космонавтов, могут лечь в основу отбора и подготовки коллективов для самого различного назначения. Г. С. Титов писал об отряде советских космонавтов: «Такой отряд мог быть собран после предварительной подготовки и для похода на Южный полюс, и для экспедиции на дрейфующей льдине, и для испытания новых самолетов. Наш отряд мог быть экипажем подводной лодки, бригадой монтажников-высотников на строительстве гидроэлектростанции — словом, вообще пригоден

для любой работы, которая требует воли, физической закалки, знаний и преданности нашему общему делу». Пожалуй, это исчерпывающая формулировка.

Ясно, что в зависимости от особенностей и тенденций развития космической техники и задач, стоящих в той или иной период перед космонавтикой, существенно меняется роль и место человека в освоении космоса, специфика его деятельности, его профессии.

Роль человека, его работа, в конечном итоге — его профессия как космонавта меняется и будет меняться также и от того, как будут «поделены» обязанности между человеком и техникой на самом корабле и между людьми, летящими в космос и находящимися на Земле в Центре управления полетом.

Иногда задают вопросы: может ли человек сам себя подготовить к профессии космонавта? В каком направлении должна идти эта подготовка, что нужно ему требовать от себя?

Это сложные вопросы. Представляется, что к этой профессии, как и к любой другой, человек обязан готовить себя сам, и прежде всего как человека. Кроме того, можно и нужно повышать свою квалификацию. Однако в каждой трудной профессии есть и естественный отбор — по таланту, по способностям. И опять-таки — по личным качествам.

В профессии космонавта, где требуется сильная воля, мгновенная реакция, умение быстро анализировать события, тем более происходит естественный отбор. Можно и здесь привести сравнение с испытателями. У них идет отбор самой жизнью. Будем так говорить — никто не может подготовить себя на все случаи жизни, к любым эпизодам, возникающим в работе. Пригодность станет ясной в столкновении с неожиданным, в единоборстве с трудностями. Высокий профессионал из любой ситуации почти всегда выйдет победителем. Иногда говорят: повезло. Раз везет, два везет, три везет... «Не только везение, но и умение»,— говорил человек, у которого, как вы помните, тоже была важная профессия — им был генералиссимус А. В. Суворов.

И вот что еще очень важно при подготовке к профессии космонавта — это научиться подчинять общим интересам свое «я». Иначе оно станет кордоном, который заслонит дело, не позволит найти в нем

новое. Надо уметь ставить свои интересы на второй план.

Перечислим основные виды деятельности космонавтов:

управление КА и контроль работы бортовых систем, оборудования и измерительной аппаратуры при проведении экспериментов, в том числе и проведение специальных маневров для создания оптимальных условий проведения эксперимента;

подготовка исследовательской аппаратуры к экспериментам (установка, сборка, проверка, калибровка, выбор режима работы, регулировка и т. д.);

исследование наиболее интересных объектов и явлений, проведение визуальных наблюдений;

многостороннее испытание бортовых систем и научных приборов;

техническое обслуживание бортовых систем и научных приборов;

восстановление функционирования бортовых систем и аппаратуры в случае их отказа;

выполнение работ и научно-технических экспериментов в открытом космосе;

систематизация материалов наблюдений, первичный анализ получаемой информации и корректировка на его основе программы исследований;

осуществление связи с руководителями полета и постановщиками экспериментов в наземных группах обеспечения полета;

участие в планировании программ научных наблюдений и исследований.

ГЛАВА 3

КОСМОНАВТ УПРАВЛЯЕТ, КОСМОНАВТ ИССЛЕДУЕТ

На космических кораблях и станциях немало режимов ручного управления, например, режим ручной ориентации на Землю, на Солнце, по направлению полета, ручного сближения с другим кораблем, ручной стабилизации корабля при работе корректирующего маршевого двигателя и ряд других.

С развитием техники количество систем ручного управления будет уменьшаться. Создатели кораблей и дальше будут освобождать экипаж от непроизводительных затрат времени и сил. Космонавты будут в основном управлять автоматикой и проводить необходимые регламентные работы. Все их наличные резервы будут направлены на получение и анализ научной информации, ради чего они и направляются в космические просторы.

Результаты деятельности космонавта во многом определяются процессом формирования специфических профессиональных знаний, умений и навыков.

Знание — это совокупность сведений о предметах и явлениях окружающего мира, коллективный опыт людей, взятых в обобщенном виде. Изучить предмет — значит овладеть определенными сведениями о нем, его характерных отличительных чертах, связях с другими предметами, о его основных закономерностях.

Умение — это преобретаемая в процессе обучения способность космонавта применять свои знания на практике, это действия (умственные или мышечные), с помощью которых выполняется определенный круг задач, изученный в ходе теоретической подготовки.

Навыки — это действия космонавта, автоматизированные в результате неоднократного повторения; действия, ставшие в результате систематизированных тренировок свободными от сознания, точными и требующими минимальных затрат энергии. Навыки в деятельности космонавта являются, пожалуй, самой важной психологической характеристикой его общей профессиональной подготовки. Они не только высвобождают сознание космонавта для выполнения других задач, но и понижают эмоциональную возбудимость в случае отказа техники в полете.

КОСМОНАВТ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЛЯ

Пилотируемый космический корабль как объект управления представляет собой сложную человеко-машинную эргатическую систему (ЭС).

Например, только в понятие «управление ориентацией корабля в пространстве» включаются: ориентация корабля, т. е. выполнение такой программы, при которой оси корабля разворачиваются в определенном направлении по отношению к какому-либо ориентиру (например, по отношению к Солнцу); стабилизация корабля, т. е. поддержание построенной ориентации с заданной точностью; развороты — переход от одной ориентации к другой и т. д.

В психофизиологическом отношении система управления космического корабля отлична от системы управления современным самолетом. В ней применяются индикаторы (оптические ориентаторы), существенно отличающиеся от известных самолетных приборов (авиагоризонта и компаса); органы управления системой ориентации по конструктивному выполнению также имеют свои особенности. Работа космонавта по управлению ориентацией в космическом корабле протекает в условиях полной невесомости и гиподинамии (пониженной двигательной активности) на протяжении всего орбитального полета. С точки зрения динамических характеристик системе управления ориентацией корабля свойственны медленно протекающие процессы, что ставит космонавта в своеобразные условия, которые в от-

личие от условий жесткого лимита или дефицита времени, характерные для летчиков, могут быть названы условиями «избытка» времени. В самом деле, при больших начальных угловых отклонениях время приведения космического корабля в ориентированное положение относительно плоскости орбиты может составить несколько минут.

Режим ручной ориентации позволяет космонавту ориентировать корабль в нужном направлении по всем трем осям. Угловое положение корабля «Союз» космонавт определяет по изображению горизонта в периферической части оптического ориентатора и по направлению «бега» земных объектов в центральном поле прибора. Угловую скорость вращения корабля космонавт может оценить, наблюдая скорость перемещения горизонта в центральной части прибора. О наличии и направлении угловых ускорений можно судить по световой индикации на пульте и непосредственно — по воздействию перегрузок.

Большинство беспилотных научных аппаратов и все пилотируемые космические корабли требуют устойчивой и точной ориентации в той или иной системе координат. Результаты некоторых научных экспериментов прямо зависят от правильной ориентации станции. При решении лишь немногих из научных задач в космосе можно примириться с произвольным вращением спутника вокруг его центра масс.

Для пилотируемых космических кораблей одним из основных видов ориентации является ориентация в так называемой орбитальной системе координат (например, при наблюдении за Землей из космоса, исследовании природных ресурсов; она является исходной ориентацией при проведении маневров). Ориентация в орбитальной системе координат — необходимое условие проведения и такой важнейшей операции, как спуск с орбиты и посадка возвращаемого аппарата. Во всех перечисленных случаях одну ось космического корабля надо ориентировать в плоскости орбиты по направлению на центр Земли, а две другие — в плоскости местного горизонта. Чтобы корабль мог сойти с орбиты и войти в плотные слои атмосферы, необходимо включить тормозную двигательную установку, направив ее вектор тяги против вектора скорости спутника. В противном случае аппарат может подняться еще выше.

Такая операция, как стыковка космических кораблей, позволяет значительно расширить возможности «производственной» деятельности космонавтов, например, при создании в околоземном пространстве больших орбитальных комплексов, предназначенных для решения разнообразных научных и народнохозяйственных задач, при проведении ремонтных и регламентных работ и операций по спасению экипажей.

После выведения на орбиту расстояние между стыкующимися объектами составляет несколько тысяч километров. Наземные системы наведения обеспечивают выработку и передачу команд для их сближения на расстояние до нескольких десятков километров. С этого расстояния обеспечивается уверенная работа бортовой системы сближения, действующей в автоматическом режиме либо при участии операторов. Последний участок сближения начинается с расстояния нескольких сотен метров.

О рабочих действиях космонавта при выполнении процессов сближения кораблей и их стыковки дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт В. А. Шаталов сообщил следующее: «Стыковка кораблей, орбитальная скорость которых составляет около 8 км/с, задача весьма сложная и ответственная. Обычно при сближении один из кораблей является «пассивным», а другой — «активным». Пассивный корабль с помощью радиолокационной системы, служащей своего рода радиомаяком, постоянно излучает радиосигналы. На основе этих сигналов бортовые счетно-решающие устройства системы ориентации и управления движением активного корабля выдают команды на включение двигательной установки. Происходит автоматическое сближение. При этом учитываются объективные законы орбитального полета, в результате чего поставленная задача выполняется с минимальными затратами топлива. На этом этапе роль космонавтов сводится к наблюдению и контролю за работой бортовых систем.

Начиная с расстояния 400 м управление движением может брать на себя командир активного корабля. При помощи органов управления он регулирует линейную скорость корабля, т. е. притормаживает или разгоняет корабль, гасит боковую скорость, ориентирует корабль относительно второго корабля, разворачивая его вокруг центра масс.

Визуальный контроль за сближением кораблей космонавты осуществляют с помощью телевизионной системы и оптического визира. Дальность и скорость сближения контролируется по индикатору расстояния и скорости».

Система сближения, по существу, является многоконтурной. Она должна включать в себя контур управления угловыми перемещениями, например, корабля и станции, контур управления угловой скоростью линии визирования (корабль—станция) и контур управления относительной скоростью в соответствии с относительной дальностью. Для выполнения процесса управления при сближении и стыковке оператор получает информацию о расстоянии и скорости сближения корабля и станции, о скорости перемещения линии визирования, об углах, определяющих положение, и об угловых скоростях корабля.

Перед касанием особенно тщательно выдерживается скорость сближения и взаимное положение кораблей (рис. 1). Необходимо, чтобы стыковочная штанга коснулась внутренней стенки приемного конуса «пассивного» корабля. Скользя по нему, штанга попадает в гнездо. Зажигаются транспаранты «Механический захват», «Стягивание», корабли входят в соприкосновение нивелировочными плоскостями. Срабатывают фиксаторы, соединяются электроразъемы, вспыхивает транспарант «Стыковка закончена».

Свои особенности имеет стыковочная система американского космического корабля «Аполлон». Основными элементами этой системы (рис. 2) являются выдвижная штанга, приемный конус и стыковочное кольцо. На командном отсеке и лунном модуле имеются также герметический люк-лаз, через который космонавты переходят из одного отсека в другой. Узел выдвижной штанги состоит из собственно штанги, качающихся рычагов, стоек амортизаторов, замка штанги, замка предварительного захвата, храпового механизма, устройства вытягивания штанги и разъемов. Выдвижная штанга выполнена в виде двух алюминиевых цилиндров (внешнего и внутреннего), крепится в трех точках к стыковочному кольцу с помощью поддерживающей конструкции, которая может складываться и изыматься с любой стороны — из лунного модуля или из командного отсека.

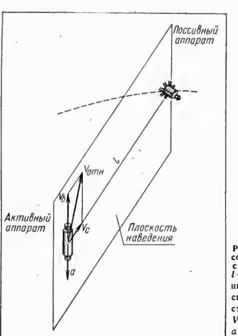


Рис. 1. Устранение боковой составляющей относительной скорости:
l — относительное расстояние; $V_{отн}$ — относительная скорость; $V_б$ — боковая составляющая скорости $V_{отн}$; V_c — скорость сближения; a — ускорение, создаваемое маршевым двигателем

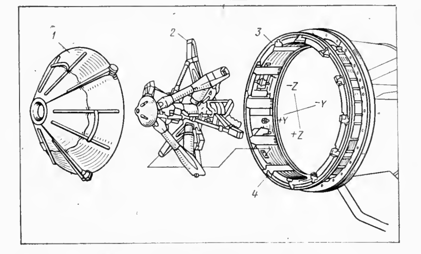


Рис. 2. Основные элементы стыковочной системы КК «Аполлон»:
1 — узел приемного конуса; 2 — узел выдвижной штанги; 3 — стыковочное кольцо; 4 — основной замок

В многоконтурных сложных системах управления стоит задача по распределению функций не только между органами управления одного оператора (руки, ноги) и автоматами, но и между различными членами экипажа, которые могут выступать в качестве дублера или помощника (т. е. в случае необходимости заменять друг друга). Система управления может значительно выиграть в своих характеристиках по точности и безошибочности выдачи командных сигналов управления, если она специально приспособлена для работы хотя бы двух человек одновременно, так как вероятность идентичных ошибок в один и тот же момент мала.

Установлено, что если работает один оператор и делает одну ошибку на сотню действий, то два оператора такой же квалификации, работающие независимо в общей системе управления, в среднем могут сделать всего 37 ошибок на миллион действий. Эффективность принципа дублирования операторов очевидна.

Возвращение корабля на Землю происходит в два этапа: 1) сход с орбиты и полет до входа в плотные слои атмосферы; 2) управление движением в плотных слоях атмосферы и посадка на Землю.

Сход корабля «Союз» с орбиты осуществляется после включения тормозной двигательной установки, которая вступает в работу за несколько тысяч километров от территории Советского Союза и работает в течение 140—200 с. Предварительно перед включением тормозной двигательной установки корабль должен быть ориентирован таким образом, чтобы тормозной импульс действовал в сторону, противоположную движению корабля.

После включения тормозной двигательной установки скорость движения корабля уменьшается, и он переходит на более низкую, пересекающуюся с атмосферой Земли орбиту.

Системы, обеспечивающие спуск корабля, имеют ряд особенностей с точки зрения психофизиологических возможностей оператора. Все это требует рациональной организации контура ручного управления и надлежащей предварительной подготовки космонавтов.

В частности, такие органы управления, как ручки или штурвалы, в условиях воздействия на космонавта перегрузок могут снизить свою эффективность; обыч-

ные стрелочные визуальные индикаторы из-за влияния перегрузок на зрительный анализатор оператора также не могут считаться удовлетворительными для рассматриваемых условий полета. Может потребоваться разработка более наглядных и удобочитаемых индикаторов, введение дублирующих звуковых суфлеров и др.

Таким образом, в силу специфических условий, в которых приходится работать космонавтам на борту корабля, и принимая во внимание особые требования к точности и надежности выполнения операций, крайне важно учитывать психофизиологические возможности оператора при выборе характеристик различных элементов бортовых систем управления.

КОСМОНАВТ ИЗУЧАЕТ ЗЕМЛЮ

Когда француз Надар в 1856 году представил первый снимок Парижа, сделанный из корзины воздушного шара, публика дружно осмеяла фотографа. Его затея казалась лишенной всякого смысла. Но уже через пять лет сделанные точно таким способом снимки окруженной Ричмондской крепости в Америке помогли северянам следить за перегруппировкой войск южан. А в 1861 году немецкий изобретатель Л. Рорман предложил «способ фотографирования местности с высоты птичьего полета при помощи снаряда или ракеты».

Как только ракета достигнет верхней точки своей траектории, рассуждал изобретатель, устройство взрывного действия вытолкнет из полости снаряда свернутый парашют с фотокамерой. После раскрытия парашюта камера делает один или несколько снимков местности и... подтягивается к месту запуска проводом. По этому же проводу должен идти с земли электрический сигнал, заставляющий срабатывать взрывное отделительное устройство.

В Мюнхенском музее истории техники хранятся первые снимки местности, сделанные с помощью ракеты, проект которой осуществил дрезденский инженер А. Мауль в 1906 году. В результате этой съемки были получены две фотографии с высоты 600 и 800 м. Они сильно засвечены, и на них едва заметны крошечные домики пригородного поселка.

Крылатое выражение гласит: «Большое видится на

расстоянии». Это совершенно справедливо, но никогда не представляешь себе, как оно видится, не представляешь до тех пор, пока не посмотришь на снимки дома человеческого — Земли, сделанные с самолетов, спутников и космических кораблей.

Горизонт — считанные километры, а вглубь — ни на аршин. Таким прежде видели геологи и географы, гидрологи и землеустроители предмет своего исследования — земную поверхность.

С большим трудом удавалось расширить эти рамки хотя бы на метр, а остающееся невидимым — дополнить абстрактным знанием.

Космический «глаз» резко раздвинул эти рамки. Горизонт — тысячи километров, если хотите, — вся планета. Но главное — отступили в сторону второстепенные детали, мешающие видеть главное. Из-под ковра лесов и складок гор проступили глубинные тектонические образования, открывшие много интересных и полезных сведений.

Изучение Земли из космоса — одно из самых молодых направлений в космических исследованиях. Оно возникло около десяти лет назад и долгое время вызывало у многих недоумение — зачем удаляться на сотни километров от Земли, чтобы ее изучать? Однако первые же наблюдения за земной поверхностью с орбитальных высот показали, что глобальность обзора, оперативность просмотра больших площадей, возможность регулярных наблюдений за труднодоступными районами земного шара делает космические средства важнейшим фактором в изучении природных ресурсов и контроле окружающей среды. Исследования Земли из космоса во многих случаях оказываются значительно эффективнее и экономичнее как наземных обследований, так и исследований с помощью самолетов.

— За пять минут съемки, — сказал в одном из телесеансов борт-инженер «Союза-22» В. Аксенов, — мы фотографируем территорию, для съемки которой с самолета потребовались бы два года, а наземной геодезической партии — 80 лет.

Арсенал технических средств, позволяющих «осматривать» Землю с космических высот, достаточно широк. Это фото- и телевизионные камеры, спектрометры, приборы инфракрасного и радиовидения, радио- и

лазерные локаторы. Некоторые из них пришли в космонавтику из авиации, но космические исследования их существенно изменили, внесли много нового.

Для исследования природных ресурсов Земли с космических аппаратов разработан метод многозонального фотографирования, позволяющий выявлять многие физико-химические особенности и состояния земных образований, такие, например, как состав и влажность почв, загрязненность вод, заболевания растений.

Теперь мало кого удивляет, что приборы, поднятые на околоземную орбиту, позволяют получить важные сведения не только о состоянии атмосферы и поверхности Земли, но даже о ее недрах.

Методы дистанционного исследования позволяют изучать явления, находясь на далеком расстоянии от интересующего объекта (т. е. исследовать небесные тела по характеристикам их излучения: сначала видимого, затем радиоволнового и т. д.).

Первыми воспользовались дистанционными методами космических исследований метеорологи. Эффективно используются результаты анализа снимков поверхности Земли из космоса в геологии, в частности открыт целый ряд ранее не известных крупномасштабных геологических структур. Использование космических методов интересует и исследователей Мирового океана, водных ресурсов. Ведется разработка методов дистанционного изучения растительного покрова земной поверхности. Специалисты считают, что в обозримом будущем с помощью космической техники может быть создана своего рода глобальная космическая автоматизированная система учета и контроля состояния природных ресурсов Земли.

Какие же проблемы предстоит решить на пути к созданию такой системы?

В основу исследований Земли из космоса легли дистанционные методы измерения ее собственного и рассеянного электромагнитного излучений. Речь идет о широком диапазоне волн — от самых коротких, измеряемых тысячными долями миллиметра, до самых длинных, измеряемых сотнями метров. Правда, при этом приходится учитывать степень прозрачности земной атмосферы для волн той или иной длины.

Наиболее изучен в настоящее время видимый диапазон. Характер отраженной солнечной радиации в

этом диапазоне очень чувствителен, например, к таким физико-химическим и биологическим параметрам земных образований, как содержание хлорофилла в зеленой массе, состав почв, соленость воды и ее загрязненность, концентрация фитопланктона в море и т. д.

В инфракрасном диапазоне хорошо видны температурные изменения природных образований. В частности, с помощью инфракрасных приборов можно обнаруживать участки растительности, пораженной заболеваниями, а следовательно, имеющие более высокую температуру; выявлять выходы геотермальных вод, глубинные разломы земной коры и многое другое. Важнейшее достоинство теплового инфракрасного диапазона — возможность «видения» как днем, так и ночью.

Радиоволны несут и ценную информацию. Они способны проникать сквозь большие толщи земных покровов и льда и очень чувствительны к геометрическим характеристикам поверхностей, а также к содержанию влаги в почве, степени ее засоленности.

Первые опыты по дистанционному зондированию Земли и ее атмосферы с высот орбитального полета показали их огромную важность для землян.

Таким образом, все мы хорошо видим, как широки возможности и перспективы применения технических достижений космонавтики для человечества.

Неоценимую помощь в деле исследования природных ресурсов Земли приносят визуальные наблюдения из космоса. Особенно важны они на стадии отработки новой аппаратуры и методик исследований.

Экипажи космических кораблей «Союз» и станции «Салют», выполняя метеорологические эксперименты, вели визуальные наблюдения и фотографирование облачного и снежного покровов над различными участками земного шара, мезоструктур облачного покрова, открытой поверхности океана, свободной от облаков, дневного, сумеречного горизонта Земли.

Особенно важны наблюдения с орбиты различных метеорологических образований, в частности, тропических циклонов.

Тропические циклоны проносятся над Землей, оставляя за собой разрушения.

Человек еще не научился бороться с циклонами,

более того, без использования космических аппаратов он не может своевременно обнаружить даже их рождение.

Тропическая зона занимает около половины земного шара, 60% тепловой энергии, поступающей на нашу планету, аккумулируется здесь. Тропики — это «печка» Земли. Тропики — «белое пятно» для метеорологов. Слишком редка сеть пунктов наблюдения в океанах, чрезвычайно мало данных получают они из этой зоны. И, быть может, долгосрочные прогнозы погоды так неточны именно потому, что метеорологи весьма смутно представляют, что делается в земной «печке».

С орбиты наши космонавты наблюдали и фиксировали с помощью аппаратуры и другие метеорологические образования и природные явления (ураганы, цунами, пожары, загрязнения воздушного и водного бассейнов и др.).

Особенно важны метеорологические наблюдения со спутников в инфракрасном диапазоне спектра: с помощью ИК-аппаратуры.

Когда рождается циклон, над океаном вырастает гигантский столб из облаков. Он растет, увеличивается. Разница между инфракрасным излучением высоких холодных облаков и теплой поверхности океана великолепно видна на фотографиях, снятых с борта космического корабля или спутника. И это позволяет определять места зарождения циклонов.

На фотоснимках акватории Тихого океана, сделанных с борта «Салюта-6», четко видна картина течений на громадном пространстве. Для того чтобы получить эти данные традиционным методом с помощью экспедиций морских кораблей, наверное, потребовались бы сотни судов.

Из космоса по цвету воды можно определять скопления планктона — «рыбных пастбищ». Информация о районах скопления планктона имеет важное практическое значение для промыслового флота.

Лесное хозяйство нашей страны — богатейшее в мире, площадь его 1234 миллиона гектаров. Для правильного ведения лесного хозяйства надо прежде всего изучить леса. Эту трудоемкую, сложную, а нередко опасную работу выполняет служба лесоустройства. С земли и с воздуха (с помощью авиации) ежегодно удается изучить не более 40 миллионов гектаров. Сним-

ки из космоса, непосредственные наблюдения космонавтов убеждают, что орбитальный дозор может быть чрезвычайно эффективным для лесного хозяйства.

А что можно зафиксировать из космоса, когда значительная часть территории нашей страны укрыта снежным одеялом? Но вот лесоводы считают, что именно по зимним снимкам проще и удобнее проводить так называемую таксацию лесов — определять и учитывать породы деревьев. Дорожникам зима тоже на руку — темная паутина магистралей четко выделяется на снежном покрове. Информация о запасах и распределении снега нужна для прогнозов урожая специалистам сельского хозяйства. Вроде бы снег-то уж незачем снимать шестью объективами, можно ограничиться черно-белыми снимками. Отнюдь — метод многозональной фотографии и здесь демонстрирует свои преимущества — он дает возможность отличить снег от облаков и расскажет, где снег сухой, где мокрый, сколько в нем содержится влаги, нужной полям.

На земле много ледников. Куда они шагают? И как быстро? Ответы на эти вопросы очень интересуют гляциологию. Кстати, ее основатель О. Сассюр во время своего путешествия по «ледяному морю» Швейцарии в 1788 году бросил на леднике лестницу, а остатки от нее нашел спустя 44 года почти в четырех километрах ниже по склону. Оказалось, что за один год ледник проходил сто метров. Затем движение замедлилось — другой естествоиспытатель обнаружил обломки лестницы еще через 12 лет.

Случай, конечно, уникальный, но он сыграл определенную роль в изучении ледников. Правда, подобные «темпы» исследований сегодня не очень пригодны.

Регулярные наблюдения за ледниками с орбиты, регистрация пульсаций их «языков» имеют важное практическое значение. Сейчас горы интенсивно осваивают, строят такие сложные и крупномасштабные сооружения, как Нурекская ГЭС. Пульсирующие ледники способны перегораживать горные долины, образовывать озера, прорыв их может привести к человеческим жертвам, разрушить сооружения. Пульсирующие ледники представляют серьезную опасность, и космонавты, своевременно обнаружив их, могут помочь предотвратить ее.

Земля наша — не застывшая мертвая планета, а до-

вольно подвижная система, где все живет и дышит, только движения земной коры по человеческим меркам происходит чрезвычайно медленно. Для геологической истории миллион лет — всего один миг, а для человеческой — гигантская величина, по которой можно проследить определенный путь эволюции нашей планеты. Но, как ни коротка человеческая история, мы все же успели заметить «дыхание» нашей планеты. Аравийский полуостров, например, «отъезжает» от Африки. Индостан, наоборот «въезжает» в Азиатский материк, и результат этого движения — грандиозное вздымание Памира. Подтверждение этому дает изучение космических снимков Земли.

Космические снимки дают возможность изучать нашу Землю не только в плане, но и «в разрезе». С помощью аэроснимков этого нельзя сделать. И вот эти исследования Земли «в разрезе» подтвердили выводы геологов, что существуют такие разломы земной коры, которые идут с «этажа» на «этаж» — к поверхности с глубины в десятки километров.

С существующими сейчас глубинными разломами теснейшим образом связаны источники землетрясений и проблема сейсмического районирования. На космических снимках эти глубинные деформации можно увидеть и просмотреть, насколько они опасны для населенных мест, уточнить карты сейсмичности районов.

Космическая съемка окажет неоценимую помощь геологам в прогнозе поисков различных полезных ископаемых. Известно, что местонахождения металлов связаны с глубинными разломами; определяя расположение «глубинных швов», одновременно намечают районы, перспективные для поисков.

Стране требуется много самых различных карт — ландшафтных, гидрологических, сельскохозяйственных угодий, лесов, транспортных дорог и т. д. Картографам нелегко успевать за темпами нашего стремительного века. Космическая техника благодаря способности быстро «охватить» громадные территории является незаменимым помощником в этом деле. Если раньше, например, на составление областных карт земельных угодий уходили годы, то теперь это можно делать всего за несколько месяцев.

Темпы роста производительных сил привели к быстрому «старению» карт, к необходимости их частого

обновления. Аэрофотосъемка уже не способна выполнить всех задач. Ей на помощь приходит съемка космическая, широкообзорная и всевидящая.

В 1974 году экипаж станции «Салют-3» П. Попович и Ю. Артюхин отсняли полуострова Мангышлак и Бузачи, и в результате специальной обработки фотоматериалов в этих районах было выявлено 57 структур, перспективных для поиска нефти и газа. Экономистами подсчитано, что ускорение темпов нефтегазоразведки всего лишь на 5 процентов обещает ежегодный народнохозяйственный эффект в 2 миллиарда рублей.

По космическим снимкам в районах полуострова Мангышлак и Бузачи выявлены залегающие на небольших глубинах грунтовые воды, запас которых огромен. А местность здесь, как известно, пустынная. Нетрудно понять, какую роль сыграла космическая съемка в разработке перспективного плана этой богатейшей природной кладовой страны.

Интересно, что экономический эффект фотосъемки земной поверхности, выполненной только экспедицией П. Климука и В. Севастьянова, оценен в 50 миллионов рублей.

За семь недель полета Б. Волынов и В. Жолобов на станции «Салют-5» отсняли несколько миллионов квадратных километров территории нашей страны — большую часть в средних и южных широтах, т. е. там, где пролегала орбита станции. А эти районы являются очень важными для нашей экономики. Причем многие пространства и объекты фотографировались в течение длительного полета неоднократно, а это говорит о достоверности полученных материалов. Кроме того, в течение семи недель многое в облике планеты изменялось: например, состояние посевов, рек, ледников. Эти изменения тоже получили отражение на снимках.

Для решения задач дистанционного зондирования на станции «Салют-4» был установлен комплект фотоаппаратуры, использующей черно-белые, спектральные и цветные пленки.

Первой экспедицией отснято более миллиона квадратных километров территории Советского Союза. Вторая экспедиция провела многократные съемки значительной части территории страны южнее 53-й параллели. Фотографии позволяют проследить динамику гидрологических режимов, вегетации растений и суб-

сезонных метеорологических и климатических явлений на обширных пространствах. Вместе с тем повторная съемка территории в разные сезоны, в разных фазах и при различных условиях освещения дала возможность выделить геолого-географические формы, которые при одноразовых съемках могут быть замаскированы растительностью, динамикой светотеней, солнечными бликами и т. п.

А вот как выглядит одно из заданий экипажу орбитальной станции по наблюдению Земли и околоземного пространства. Учитывая большой интерес ученых к кольцевым структурам на поверхности Земли, в задании экипажу было записано: «Попытайтесь подробно описать систему кругов и колец. Отмечается ли прерывистость колец? Просматриваются ли они как сооружения объемные? Чем выражены кольцевые структуры (горными массивами, грядами или долинами в виде дуг, впадинами и т. п.). Какое заполнение внутри колец?»

Относительно изучения вулканической деятельности — такая запись: «Фиксировать протяженность и ориентировку вулканических выбросов над вершинами, свежие выбросы пепла светлого и темного цвета, лавовые озера в кратере. Отмечать, по возможности, изменения при повторных наблюдениях».

Перед космонавтами ставилась задача наблюдать ледники и снежный покров, пыльные бури, поверхность океана для установления границ цветовых переходов и течений, распространение плавучих льдов в южном и северном полушариях.

В «Бортовом журнале визуальных наблюдений» указывалось на обнаружение фильтрации из каналов, наледей на реках.

Многие из поставленных задач привязаны к определенным районам. Они сопровождаются дополнительным облегчающим работу иллюстрационным материалом в виде космофотоснимков, полученных в предыдущих полетах, фотопланов и карт.

КОСМОНАВТ И АСТРОНОМИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

Вывод телескопов за пределы земной атмосферы — заветная мечта астрономов. На Земле очень нелегко найти место, благоприятное для наблю-

дений. Астрономы ряда европейских государств, например, создают свои обсерватории буквально на другом конце света — в снежных массивах Анд, французские и канадские астрономы — на Гавайских островах, самые крупные обсерватории США строятся в пустынях Аризоны. Одним словом, астрономов не пугают ни огромные расстояния, ни заоблачные высоты — лишь бы было прозрачным небо.

Однако все это не выход из положения. Дело в том, что даже в самых благоприятных районах для астрономических наблюдений земная атмосфера резко ограничивает разрешающую способность телескопа.

Вынос телескопа в космическое пространство, по мнению советского ученого Г. Гурзадяна, событие для науки этапное, сравнимое по значимости с открытием самого телескопа. Здесь — будущность астрономии, одной из фундаментальных наук, играющей огромную роль в жизни человечества.

Расчеты показывают, что телескоп с диаметром зеркала один метр, работающий в космосе, по ряду характеристик крупнейших наземных телескопов: пятиметрового Паломарского в США или недавно установленного советскими специалистами в Зеленчуке телескопа с шестиметровым зеркалом.

Даже такой сравнительно небольшой телескоп, вынесенный на орбиту, позволит увидеть на Луне объекты размером около 100 метров, а на поверхности Марса детали рельефа протяженностью от 15 километров и более. Для сравнения напомним, что самый мощный из наземных телескопов не позволяет различить на Луне детали размером менее километра.

С помощью же космического телескопа с диаметром зеркала 5 метров можно будет обнаружить планеты других звезд, даже удаленных от нас на десятки световых лет. Для наземных обсерваторий это абсолютно невыполнимая задача.

При этом следует учесть: в создании наземных телескопов мы практически приблизились к пределу. Дальнейшее увеличение диаметра зеркала на метр-два почти ничего не даст, а десятиметровый телескоп, вероятно, никогда не будет построен: это было бы невероятно сложное и невероятно огромное сооружение.

Космический телескоп во время наблюдений должен

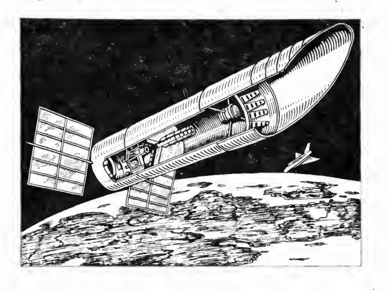


Рис. 3. Большой космический телескоп

быть стабилизирован в пространстве с большой точностью, поэтому инструмент придется устанавливать не в самом космическом корабле.

Дело в том, что в условиях невесомости даже самые незначительные передвижения космонавта могут вызвать покачивание корабля. Поэтому удерживать обитаемый корабль в заданном положении с той точностью, которая нужна для астрономических наблюдений, чрезвычайно трудно. Так что телескоп, по-видимому, будет установлен на специализированной орбитальной научной станции (рис. 3), а космонавты могли бы выполнить наладку научной аппаратуры, а при необходимости — провести ремонтные работы.

В последние годы астрономия из оптической превратилась во всеволновую. А это значит, что теперь ученые смотрят на мир не через узкую щель оптического диапазона, а получили возможность обозревать его во «всю ширь». И это не замедлило сказаться на результативности исследований.

Со станции «Салют-4» экипажи с помощью специальных телескопов проводили изучение рентгеновского излучения. Первое рентгеновское излучение Солнца

было обнаружено еще до рождения космонавтики. Но годом рождения рентгеновской астрономии справедливо считают год 1962-й, когда радиоастроном **Р. Джиаккони** с помощью аппаратуры, установленной на ракете, зафиксировал рентгеновский источник в созвездии Скорпиона. Рентгеновская астрономия — совершенно новое направление в астрономии, появившееся с выводом измерительной аппаратуры за пределы земной атмосферы, которая полностью поглощает рентгеновские лучи, скрывая от наземных телескопов тайны страшной силы катаклизмов, вершащихся в звездах и галактиках. Исследования в рентгеновском диапазоне необыкновенно расширили наши представления о Вселенной. Оказалось, что подобные излучения идут как от отдельных звезд, так и от целых галактик и межгалактической среды. Рентгеновская астрономия переживает свое детство. В настоящее время известно только около 500 космических рентгеновских объектов. Но именно в этой области приоткрываются завесы тайн, пожалуй, над самыми удивительными феноменами природы — звездами с радиусом в 10 километров, каждый кубический сантиметр вещества которых весит 100 миллионов тонн.

Для исследований по рентгеновской астрономии на борту станции «Салют-4» использовались два прибора: телескоп-спектрометр «Филин» и зеркальный рентгеновский телескоп РТ-4, особенность которого — наличие автономной системы астроориентации. С помощью этих приборов проведен обзор большей части небесной сферы, зарегистрировано несколько десятков рентгеновских источников разной интенсивности, получены данные об их спектральных характеристиках. Особую ценность представляет информация об одном из рентгеновских источников в созвездии Лебедя. Он находится в двойной системе, состоящей из нормальной звезды большой массы и невидимого в оптических лучах объекта, масса которого в несколько раз превышает массу Солнца. Экспериментальное исследование подобных объектов дает сведения об эволюции звезд и фундаментальных свойствах пространства и времени.

Уже после окончания работы второй экспедиции, когда станция «Салют-4» функционировала в автоматическом режиме, с помощью «Филина» проведены исследования вспыхнувшего в начале августа 1975 года источника в созвездии Единорога. В настоящее время

это один из наиболее ярких в рентгеновском диапазоне источников на небесной сфере.

Во время телевизионных сеансов со станции «Салют-4» можно было увидеть большой конус за центральным постом управления. Это так называемый отсек научной аппаратуры, центральное место в котором занимал орбитальный солнечный телескоп. Основание конуса, расширяющегося к «полу» станции, при выводе на орбиту плотно закрыто крышкой. Затем крышка отстреливается, внутри воцаряется вакуум и взору приборов открываются просторы Вселенной. Солнечный свет после ориентации станции основанием конуса на светило попадает на плоское поворотное зеркало диаметром 270 миллиметров. Оно направляет лучи света на вогнутое параболическое зеркало с фокусным расстоянием два с половиной метра, которое строит изображение Солнца на щели спектрографа. Через специальный иллюминатор и визир бортинженер с поста наблюдения, расположенного почти под «потолком» станции, видит изображение Солнца и, поворачивая с помощью ручки управления плоское зеркало, может выбрать для спектрального исследования любую наиболее интересную деталь светила. А дальше уже автоматическая система не выпускает ее из поля зрения телескопа. Кассеты с отснятой фотопленкой космонавты вынимают через шлюзовую камеру.

Исследования с помощью орбитального телескопа велись в диапазоне от 850 до 1350 ангстрем, недоступном, как мы уже говорили, для наблюдений с Земли. А это как раз диапазон, где сильно излучает основной элемент нашего светила — водород, а также многократно ионизированные атомы углерода, азота, кислорода, магния, железа и других элементов. Поэтому космические исследования внесут важный вклад в изучение физики и химии Солнца, помогут ученым разобраться в сути процессов, происходящих на светиле.

Первые в нашей стране коротковолновые спектрограммы звезд с борта космического аппарата были получены летом 1971 года. Это сделал экипаж орбитальной станции «Салют-4» с помощью орбитальной астрофизической обсерватории «Орион».

Эксперимент был продолжен на «Союзе-13», который был снабжен усовершенствованной обсерваторией «Орион-2». Ее основной прибор — широкополосный ме-

нисковый телескоп позволял снимать спектрограммы звезд ярче 12-звездной величины.

Обсерватория размещалась снаружи орбитального отсека, там, где обычно находится стыковочный агрегат. Управлял ею космонавт с пульта орбитального отсека.

Через визир космонавт находил требуемую звезду. А визир через первичную следящую систему был связан с телескопом. Так осуществлялась грубая наводка. Исследуемую звезду телескоп мог захватывать с точностью до одного градуса. Но этого недостаточно для точных астрофизических наблюдений. Поэтому к телескопу параллельно его оптической оси был прикреплен двухосный звездный фотоэлектрический датчик, или, как его называют, фотогид. Его поле зрения — 3°.

Как только нужная звезда оказывалась в поле зрения фотогида, автоматически подключалась следящая система точной наводки. Работая уже независимо от первичной следящей системы, она приводила звезду на оптическую ось фотогида, а следовательно, и телескопа, поскольку оси того и другого были параллельны, и затем автоматически следили за ней с заданной точностью.

Помимо пульта, с которого происходило управление всеми системами «Ориона-2» и контролировалась его работа, на корабле размещалось программное устройство, обеспечивающее автоматический цикл съемки спектрограмм в заданном количестве и с заданными экспозициями.

Ряд астрофизических наблюдений на станции «Салют» был выполнен с помощью бортового субмиллиметрового телескопа (БСТ-1М), предназначенного для регистрации электромагнитного излучения в трех диапазонах длин волн: субмиллиметровом (промежуточный диапазон между радио- и инфракрасным излучением), дальнем инфракрасном и ультрафиолетовом. Астрофизические «цели» для БСТ-1М — это дискретные космические источники субмиллиметрового, инфракрасного и ультрафиолетового излучения, наблюдение которых с Земли невозможно. Получение информации о таких источниках необходимо для решения актуальных астрофизических и космогонических проблем, таких как происхождение звезд, природа темных газо-пылевых облаков, физические процессы в необычных источниках типа квазаров, галактик Сейферта и др.

Телескоп БСТ-1М — самый крупный исследовательский инструмент на станции: диаметр его главного зеркала составляет 1,5 метра, а общая масса превышает 650 килограммов.

Чувствительные элементы телескопа охлаждаются до температуры жидкого гелия (4,2 градуса Кельвина). Для этого создана криогенная система замкнутого типа.

Это первый в мире орбитальный субмиллиметровый телескоп. Его установка и эксплуатация на борту станции «Салют-6», помимо научных результатов, позволяет получить и сведения чисто технического характера, необходимые для создания в будущем космических обсерваторий, оснащенных уникальными астрофизическими инструментами различного назначения.

КОСМОНАВТ - ИСПЫТАТЕЛЬ

По программе научно-технических экспериментов на борту станции, как правило, проводятся исследования, связанные с проверкой правильности выбранных технических решений, изучается возможность создания бортовых приборов и оборудования, работающих на новых принципах, испытываются уже разработанные, но не опробованные в реальных условиях новые конструкции, системы и их элементы.

Рассмотрим некоторые эксперименты, в ходе которых активную роль осуществляет космонавт.

Известно, что изготовлению космических конструкций предшествует большая кропотливая работа ученых, космонавтов, инженеров, техников. Как они станут вести себя в космосе? Какие будут испытывать нагрузки? Какими должны быть их разъемные и неразъемные соединения? На эти и многие другие вопросы ищут ответы специалисты.

Орбитальный комплекс, как и всякая механическая конструкция, имеет свою собственную частоту колебаний. И при работе двигателей, стыковке или работе космонавтов на тренажере возникают механические колебания, создающие дополнительные нагрузки, например, на стыковочные узлы. А насколько надежны эти соединения?

Надежность вообще — проблема довольно сложная, трудно поддающаяся расчетам. Так, при конструирова-

нии пассажирского самолета «Локхид» расчетная надежность электросистемы оценивалась астрономической цифрой — лишь за триллион часов полета может произойти ее полный отказ. Это в 100 000 раз превышает время ежегодного налета всех самолетов мира. Однако за время эксплуатации этого самолета произошло пять случаев, когда электросистема полностью отказывала за миллион часов налета. Расчетная надежность космического корабля «Джемини» была равна 0,999. В то же время за один лишь полет было зарегистрировано 19 различных отказов и неполадок. Так что лишь экспериментальные данные могут подтвердить надежность конструкции.

И вот, космонавты ведут эксперимент. Делают это следующим образом. С Земли на борт задается тактовая частота примерно 0,6 герца, которая кратна собственной частоте комплекса. Космонавты, привязавшись к комплексному тренажеру эластичными жгутами, прыгают на дорожке с этой частотой. А высокочувствительные датчики, укрепленные в интересующих специалистов местах, передают на Землю данные о возникающих нагрузках. Этот эксперимент проводился, когда к станции был пристыкован один и два транспортных корабля. В результате эксперимента получены точные данные о динамических характеристиках комплекса и уровнях эксплуатационных нагрузок.

На «Союзе-16» испытывался новый стыковочный узел, который впоследствии применялся во время полета «Союза» и «Аполлона» (рис. 4). До этого и на советских, и на американских кораблях использовалась система «штырь — конус». Стыковочный узел был разделен на две части, одна из которых — «штырь» — находилась на активном корабле, выполнявшем маневры по сближению и причаливанию, а вторая — «конус» — на пассивном. Теперь решено было сделать стыковочный узел универсальным, чтобы любой из стыкующихся кораблей мог играть и пассивную и активную роль. Для корабля, терпящего бедствие, это имеет немалое значение.

Этот узел получил название андрогинного периферийного стыковочного узла. Слово «андрогинный» означает «обаполый» и как раз отражает эту способность узла играть и пассивную, и активную роль — по выбору. Слово «периферийный» означает, что ряд механиз-

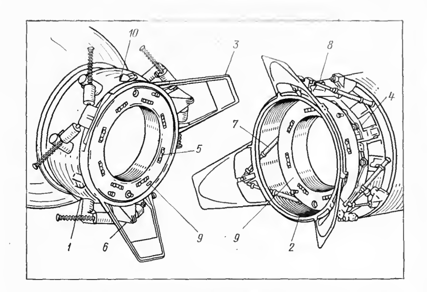


Рис. 4. Андрогинно-периферийный стыковочный узел:
1 — кольцо пассивного корабля; *2* — кольцо активного корабля; *3* — направляющие выступы; *4* — стыковочный шпангоут; *5* — замки стыковочного шпангоута; *6* — защелки кольца; *7* — штанги крепления кольца; *8* — амортизаторы; *9* — плоскость стыка; *10* — защелки на корпусе

мов системы стыковки, в том числе направляющие выступы, демпферы, защелки, с помощью которых осуществляется захват, успокоение и стягивание кораблей, расположены не в центре стыковочного узла, как в случае системы «штырь — конус», а на периферии и распределены по специальному кольцу. Центр узла в этом случае очень удобно использовать для люка, через который осуществляется переход из корабля в корабль.

И вот после успешных испытаний стыковочного узла он был установлен на «Союзе» и «Аполлоне» и в июле 1975 года при совместном их полете было осуществлено две стыковки.

Рассмотрим еще один интересный факт.

Один из основных научных приборов станции «Салют-4» — орбитальный солнечный телескоп — не работал в расчетном режиме. Экипаж выяснил, что в телескоп попадает какой-то сильный блик — «солнечный зайчик», который «вводит в заблуждение» систему наведения телескопа. Специалисты решили, что надо выставить поворотное зеркало так, чтобы лучи Солнца, идущие вдоль оси телескопа, отражались на главное

зеркало. При этом командир корабля А. Губарев направил бы ось телескопа в центр солнечного диска, ориентируя саму станцию, а не поворотное зеркало, и бортинженер увидел бы светило.

Но такой режим работы не был предусмотрен заранее, и задача оказалась непростой. Поставить зеркало в нужном положении можно было, измерив время движения зеркала от одного крайнего положения до другого. Но как уловить точно момент, когда зеркало дойдет до упора? Только на слух. Но это не удавалось. И тут Г. Гречко вспомнил, что у них есть медицинский стетофонендоскоп, тот самый, которым врач обычно прослушивает нам сердце, легкие. С его помощью удалось четко прослушать движение зеркала. И надо было слышать его ликующий голос, когда он наконец передал на Землю:

«Поймали мы его. Вижу протуберанцы!»

Благодаря находчивости и упорству экипажа, который жертвовал для этой работы всем своим свободным временем, удалось провести ценнейшие для астрономии заатмосферные исследования Солнца орбитальным телескопом. Такая изобретательность, конечно, ценна в условиях космического полета, где возможности ремонта, естественно, ограничены.

На «Салюте-4» космонавты испытывали новую систему регенерации воды из конденсата (влаги, «отнимаемой» у воздуха станции) — СРВК.

На семнадцатые сутки полета было разрешено включить систему регенерации, и уже на следующий день космонавты могли приступить к опробованию полученной воды.

Первым дегустатором «космического напитка» стал Георгий Гречко. В общем вода понравилась. А уже следующий экипаж «Салюта-4» Петр Климук и Виталий Севастьянов завершил испытания СРВК. Без нее трудно представить современный «Салют». Ведь только на один месяц полета экипажу из двух человек требуется минимум 120 литров воды. Это без бани...

Большие экспериментальные работы велись по отработке новых систем и на «Салюте-6». А в будущем — эти и подобные им станции, несомненно, станут мощными испытательными полигонами новой аппаратуры на орбите.

С созданием орбитальных станций получена широкая возможность проверять в полете новые конструктивные решения, новые замыслы ученых, причем в масштабах, о которых прежде могли только мечтать.

КОСМОНАВТ РАБОТАЕТ В ОТКРЫТОМ КОСМОСЕ

Развитие науки настоятельно требует выноса за пределы Земли тяжелых установок больших габаритных размеров. Речь идет о сооружении в космосе очень больших станций, размеры которых должны достигать нескольких сотен метров, а может быть и нескольких километров. Это будут своеобразные «космические острова» с гигантскими радиотелескопами размерами в несколько сот метров, большими оптическими телескопами с диаметром зеркала около трех метров и более, огромные солнечные электростанции и др. Разумеется, такие гигантские станции нельзя запустить в космос сразу.

Необходимо будет посылать туда отдельные узлы и там их соединить. Для этого зачастую потребуется выход космонавтов в открытый космос для проведения там различных монтажных работ (рис. 5).

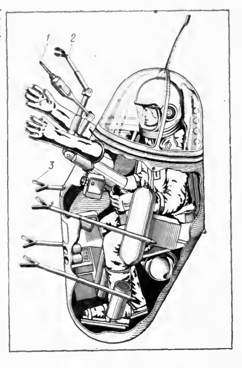
Экипажи трех длительных экспедиций на станции «Салют-6» работали в открытом космосе. Ю. Романенко и Г. Гречко совершили выход в космос для проверки состояния стыковочного узла. Эта операция проводилась с помощью контрольно-проверочного инструмента и специальных шаблонов. Выводы космонавтов о работоспособности стыковочного узла блестяще подтвердились в ходе успешной стыковки корабля «Союз-27» с орбитальной станцией.

В. Коваленок и А. Иванченков выполнили в открытом космосе научные эксперименты — заменили установленные на поверхности станции научные приборы и образцы материалов.

В. Рюмин и В. Ляхов обеспечили отвод антенны радиотелескопа КРТ-10, зацепившуюся за стыковочную мишень на агрегатном отсеке станции, и выполнили ряд научных экспериментов.

Опыт полетов свидетельствует о том, что для выполнения операций в космическом пространстве требуется

Рис. 5. Герметическая капсула для проведения монтажных работ на орбите: *1* — сверла; *2* — клещи; *3* — фиксирующие замки



комплекс специальных приспособлений и устройств для работы и передвижения космонавтов.

Простейшее приспособление, страхующее выход космонавта и его возвращение в корабль,— это тросовая система, гибко связывающая космонавта с аппаратом. Однако, как показывают исследования, тросовая система позволяет космонавту удаляться от корабля лишь на сравнительно небольшое расстояние — порядка десяти метров. Между тем ясно, что космонавту должна быть обеспечена возможность не только передвижения вблизи корабля, но и удаления от него на значительные расстояния. Выполнение всего комплекса работ вне корабля может быть достигнуто путем применения самых разнообразных средств перемещения космонавта в открытом космосе, а также средств фиксации космонавта к космическим объектам.

Уже первые исследования влияния невесомости на организм человека выявили наличие двигательных дискоординаций различного характера.

Изучение деятельности космонавтов, проведенное в первых орбитальных полетах советских и американских космических кораблей, показало, что при выходе в открытый космос у человека сохраняется в целом возможность выполнять движения, способность к оценке положения тела и его частей в пространстве. По данным ряда исследований, воздействие невесомости в течение 10—14 дней не ведет к потере работоспособности космонавта и невозможности работать вне корабля. Однако все исследователи и космонавты отмечают, что работоспособность человека в открытом космосе резко отличается не только от работоспособности на Земле, но и от работоспособности в условиях невесомости внутри станции или корабля.

Выполнение заданий в открытом космосе осуществляется с большим трудом, временные и качественные характеристики этой деятельности значительно снижены. Так, у американского космонавта Р. Гордона наблюдался случай резко выраженной дискоординации ног: при выходе в открытый космос он не смог выполнить ранее отработанное до автоматизма движение по поверхности космического корабля. Космонавту Э. Олдрину на выполнение своего рабочего задания при выходе в открытый космос потребовалось вдвое больше времени, чем в наземных условиях.

Увеличение времени выполнения профессиональных двигательных задач в условиях невесомости отмечают, как правило, все исследователи и сами космонавты. По данным американских исследователей, полученным при воспроизведении кратковременной невесомости на самолете С-131В, выполнение ряда рабочих операций при нахождении человека в скафандре в условиях измененной гравитации потребовало на 30% больше времени, чем без скафандра; при этом испытуемые затрачивали на маневр в условиях невесомости на 45—54% больше времени, чем при лунной гравитации.

Необходимо учитывать также, что энергозатраты при нахождении человека в скафандре (работа в открытом космосе) весьма резко возрастают по двум причинам: во-первых, из-за плохой подвижности (в связи с избыточным давлением в скафандре), затрудняющей выполнение работ; во-вторых, из-за невозможности создать жесткую фиксацию тела оператора (даже если космонавт в скафандре будет жестко зафиксирован

к объекту, тело его будет подвижно относительно скафандра).

Специалисты определили, что на выполнение операции «затяжка болтов» в земных условиях в герметизированном скафандре человек затрачивает в 3,2 раза больше времени, чем без скафандра; на выполнение этой же операции в условиях моделирования лунннной гравитации время увеличивается еще на 26%. Аналогичные данные были получены при работе человека в герметизированном скафандре в условиях моделирования на стенде — имитаторе невесомости безопорного положения оператора. Оператор в герметизированном скафандре в условиях моделирования невесомости на стенде и фиксации к объекту работы в трех точках затрачивает на одну операцию (в частности «ввертывание болта») 180% от времени выполнения той же операции в обычных условиях без скафандра; энергозатраты при этом возрастают в среднем до 227%.

...При перемещении грузов невесомость становится надежным помощником космонавтов: «Толкнул слегка груз, и потом остается лишь следить и направлять его, чтобы приплыл, куда нужно»,— комментировали свои действия космонавты. Но та же невесомость из союзника превращается в врага, когда в космосе начинаются такелажные работы. Шоферы, отправляющиеся в дальний рейс, хорошо знают: не укрепишь груз как следует — растеряешь половину в дороге. Моряки прежде чем уйти в плавание, тщательно закрепят контейнеры в трюмах. На космических дорогах нет ухабов, и «трюмам» станции не грозит штормовая болтанка. Но невесомость преподносит сюрпризы куда коварнее: незакрепленный груз здесь может уплыть, и беда не столько в том, что он затеряется, сколько в том, что он может натворить по пути...

В замкнутом пространстве станции при переносе оборудования из транспортного корабля «Прогресс» на борт станции «Салют-6» необходимо было сначала снять закрепленное на «Прогрессе» оборудования. Для этого были созданы специальные приспособления и инструменты, которыми космонавты пользовались.

Казалось бы, что особенного — взял один контейнер, перенес его в станцию, установил, а в корабль отправляешь тот, который отработал свое? Но в условиях невесомости эта операция очень сложна. Во-первых, при

разгрузке обязательно надо зафиксировать тело, иначе уплывешь вместе с контейнером. Во-вторых, работать нужно осторожно, так как в невесомости контейнер превращается в «снаряд», способный повреднть оборудованне станции. Ведь и в невесомости масса предметов остается... У космонавтов спецнальные рукавицы, обувь, инструмент, которымн они пользовались в течение всех этих дней.

Вот несколько выписок из бортжурнала:

«Избегать неконтролнруемого дрейфа блоков и оборудования, передавая их из рук в руки. Оберегать переносимые блоки от соударения с элементами конструкции, особенно с пультамн.

Внимание! Ненспользованные остаткн из рацнонов питания сложить в один ящик и установить его на штатное место. Сделать соответствующую запись в бортжурнале.

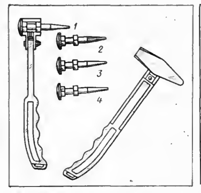
Вннмание! Заполнять, по возможности, все разгруженные съемные н несъемные контейнеры отработавшнм оборудованием и отходами».

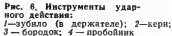
Здесь необходимо отметить, что самое элементарное техническое обслуживание в космосе требует особых орудий труда. Оказалось, что в условиях невесомостн нз-за отсутствия прнвычной опоры неудобно, а порою просто невозможно (без спецнальной фиксацин) работать привычными нам «земными» инструментами. Поэтому для работы в космосе ученымн разработаны специальные космические ннструменты, некоторые нз них получили название анкерных снстем, так как они могут использоваться не только по прямому назначению, но могут еще служить и средством фнксации космонавта. Эти инструменты пригодны для работы как внутрн станцни, так и снаружи, когда космонавт находится в скафандре.

Прнслушаемся к голосам космонавтов, которые доносятся до нас с орбиты.

П. Клнмук: «...В невесомости довольно тяжело выполннть самые маленькие операцнн, потому что буквально находишься в каком-то взвешенном состояннн, как частица в воде. Самая основная задача у человека, который находится в космическом полете,— обязательно зафиксироваться». (Из телерепортажа с борта орбитальной космической станции «Салют-4»).

Что означает это слово — «зафиксироваться»? Не-




Рис. 6. Инструменты ударного действия:
1—зубило (в держателе); *2*—керн; *3* — бородок; *4* — пробойник

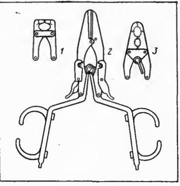


Рис. 7. Рычажный инструмент:
1 — кусачки; *2* — ножницы; *3* — плоскогубцы комбинированные

подвижно закрепиться в определенном положении? Нет, нужно лишь застраховать себя от свободного уплывания, «дрейфа». Но в то же время создать условия для выполнения рабочих движений. Иначе говоря, нужно обеспечить рабочую позу и опору для приложения усилий.

Держаться за опору, конечно, удобнее всего рукой. Но это значит, что ею уже не поработаешь. А ведь привычные «земные» инструменты, как правило, приспособлены для работы обеими руками. В космосе же свободной часто может оказаться лишь одна. Уже этих причин достаточно, чтобы разрабатывать специальные космические инструменты.

П. Климук: «У нас есть специальные анкерные отвертки, а на панелях станции имеются специальные винты. С помощью этих отверток человек фиксируется. Может рукой фиксироваться, может ногой фиксироваться и дальше выполнять все работы». (Из телерепортажа с борта «Салют-4»).

«Специальные анкерные отвертки» — это часть той системы приспособлений, которая обеспечила простоту, надежность и безопасность монтажных работ в космосе. А почему систему назвали «анкерной»? «Анкер» в переводе с немецкого языка на русский — «якорь». Анкерная система позволяет космонавту «заякориться», «зацепиться», «зафиксироваться» в условиях невесомо-

сти и выполнить все сборочные работы одной рукой.

Отличие специального «космического» винта от обычного прежде всего в том, что на боках его цилиндрической головки имеются отверстия под шариковый замок инструмента. Когда анкерная отвертка соединяется с винтом, шарики замка входят в эти отверстия, и система «винт — инструмент» оказывается жестко соединенной одним поворотом управляющего рычага.

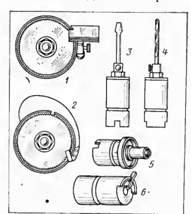


Рис. 8. Насадки к безреактивному приводу:
1 — приспособление для обработки кромок под сварку; 2 — дисковая пила; 3 — зубило; 4 — сверло; 5 — анкерный инструмент для заворачивания и отворачивания винтов; 6 — зубило для рубки прутков

На головке винта есть и крестообразный шлиц, который можно использовать при работе обычной отверткой. Облегчена и задача «наживления» винта: на конце резьбовой части имеется цилиндрический хвостовик, диаметр которого равен внутреннему диаметру резьбы.

Различные модификации рукоятки дают возможность увеличивать рычаг, уменьшая тем самым прилагаемое усилие. С помощью откидных кривошипов можно вращать винт, не перехватывая рукоятку.

На современных станциях типа «Салют» имеется специальный инструментальный набор. В инструментальный арсенал космонавта могут входить:

молоток (рис. 6). На первый взгляд обычный, какой есть в каждом доме. Но это — внешне. Он совсем не отскакивает при ударе. Металлические шарики, помещенные в полый корпус молотка, принимают энергию отдачи и рассеивают ее через трение. Это — безреактивный молоток;

ножницы-плоскогубцы (рис. 7). Они объединены в один комплекс. К одним и тем же рукояткам можно пристыковать кусачки и плоскогубцы, ножницы для резания металла и резиновых шлангов. Двухрычажная схема передачи многократно увеличивает сжимающее усилие рук;

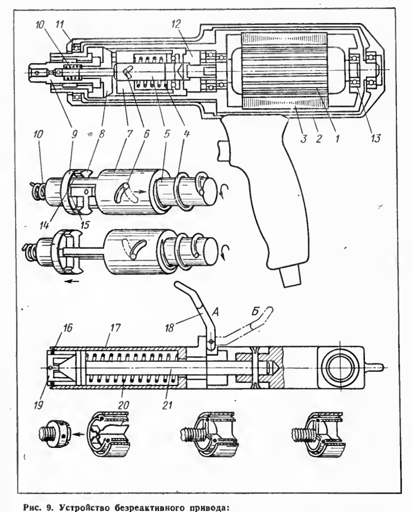


Рис. 9. Устройство безреактивного привода:

1 — ротор; *2* — корпус; *3* — статор; *4* — пружина ударного механизма; *5* — водило планетарного механизма; *6* — шарик; *7* — боек; *8* — фрикционная полумуфта; *9* — наковальня; *10* — пружина фрикционной полумуфты; *11—13* — подшипники; *12* — планетарный механизм; *14* — кулачок бойка; *15* — кулачок наковальни; *16* — шарики; *17* — гильза; *18* — рукоятка фиксации; *19* — крестообразное лезвие; *20* — пружина; *21* — стержень; *А* — рабочее положение; *Б* — нефиксированное положение (Внизу показан анкерный инструмент, крепящийся на головке винта)

зубило, бородок, пробойник, керн (см. рис. 6) — любой из них вставляется в отверстие на конце специальной рукоятки и закрепляется. Рукоятка достаточно длинная, чтобы рука была в безопасности;

сверло (см. рис. 8), диаметр которого постепенно увеличивается от вершины к хвостовику, что позволяет использовать его для сверления отверстий различного диаметра, без особых усилий (само врезается в материал);

дрель снабжена безреактивным приводом (рис. 9), который не передает на руки космонавта реактивные силы и моменты. Меняя насадки, эту космическую дрель можно использовать для заворачивания винтов или резки материалов.

Для примера приведем некоторые результаты сравнительного исследования по отворачиванию и заворачиванию винтов при использовании обычной и анкерной отверток.

Таблица 1

Отворачивание и заворачивание винтов		
Тип инструмента	Длительность, мин	Энергозатраты
Винт и отвертка в обычном исполнении	1,00	1,00
Анкерная система	0,63	0,52

Таблица 2

Тип инструмента	Время выполнения операций, мин			
	на Земле		в невесомости	
	одной рукой	двумя руками	одной рукой	двумя руками
Винт и отвертка в обычном исполнении	1,00	0,55	2,80	2,00
Анкерная система	0,56	0,27	0,83	0,34

Как следует из табл. 1 и 2, преимущества анкерной системы очевидны, т. е. результаты работы человека более продуктивны.

КОСМОНАВТ И КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НА ОРБИТЕ

Космос — это не только пространство, которое предстоит разведать человечеству, но и особая среда, способная служить производственным целям.

В будущем космическое пространство будет интенсивно использоваться человечеством не только как объект познания мира, но и для разнообразных производственных процессов, получения материалов.

Инженеров привлекает в космосе то, что больше всего настораживает врачей,— невесомость. В обычных (впрочем, не таких уж и обычных) лабораториях действие ее краткосрочно, скоротечно, и все же исследователи идут на строительство «башен невесомости», поднимают самолеты, чтобы за считанные секунды частичной невесомости при движении по определенной кривой собрать малую толику новых сведений, продвинуть изучение малознакомых явлений хотя бы на пядь дальше. Орбитальные станции позволяют вести эксперименты длительное время в условиях невесомости.

Зачем технологам невесомость? Она меняет течение многих процессов. Если бы Архимед забрался в ванну на борту космического корабля, то мы никогда бы не услышали знаменитого возгласа: «Эврика!» — выталкивающие силы здесь не действуют, знакомый со школьных лет физический закон как бы упразднен. В то же время при отсутствии силы тяжести возрастает влияние других сил, например, сил поверхностного натяжения. Конвекция, т. е. перемешивание разных по температуре объемов жидкости или газа под действием сил тяготения Земли, в невесомости отсутствует. Роль же диффузии, т. е. постепенного взаимопроникновения, внедрения одного вещества в другое, напротив становится более заметной. Изучение поведения вещества в невесомости является одной из целей технологических экспериментов на станциях «Салют».

Космический вакуум и длительная невесомость могут оказаться важными технологическими факторами, которые позволят создавать сверхчистые вещества и сплавы из металлов, резко различающихся по удельному весу. На «Салюте-6» такой эксперимент был проведен на установке «Сплав-01», созданной совет-

скими специалистами. В этой печи (массой 23 кг) предусмотрены три температурные зоны: горячая (1000°С), холодная (700°С) и градиентная, в которой температура меняется от максимума до минимума. В каждую из этих зон во время эксперимента вставляется по кварцевой ампуле с различными переплавляемыми веществами.

Для того чтобы потери энергии были минимальными, было решено окружить печь самой совершенной теплоизоляцией — с использованием космического вакуума. Для этого ее поместили в шлюзовую камеру, которая позволяет также заменять ампулы в печи. А для снижения потерь тепла излучением раскаленное «сердце» печи окружено молибденовыми отражателями. Благодаря таким ухищрениям удалось на поверхности печи поддерживать температуру всего 40°С. И при этом печь потребляет всего 300 ватт.

Особенностью технологической программы на станции «Салют-5» было сочетание физических исследований, развивающих теоретические основы космического производства, с экспериментами непосредственного практического значения. Комплект соответствующей аппаратуры состоял из приборов «Кристалл», «Поток», «Диффузия», «Сфера», «Реакция».

Прибор «Кристалл» представляет собой воздушный термостат с тремя кристаллизаторами, в которых выращивались алюмокалиевые квасцы из пересыщенного водного раствора. Такие эксперименты в космосе проводились впервые.

Изучение кристаллов, выросших в условиях невесомости и доставленных на Землю, показало, что они отличаются от выращенных на Земле внешней огранкой и внутренней структурой. Как установлено кристаллографическими исследованиями, у космических образцов кристаллов наблюдается повышенное количество газо-жидких включений и чередование зон, содержащих такие включения, с зонами, свободными от включений.

Полезная информация о поведении газовых пузырьков в жидкости получена при проведении экспериментов с прибором «Поток».

Изучению диффузии был посвящен эксперимент на приборе «Диффузия», в результате которого выясни-

лось, что в условиях невесомости естественная конвекция существенно ослабляется.

Прибор «Сфера» представляет собой омический нагреватель, внутри которого расплавляется заготовка из сплава Вуда. При анализе доставленного с борта станции материала установлено, что форма образца — эллипсоидная, рельеф его поверхности — сложный. Обнаружено изменение фазового состава сплава. Механизм этого изменения требует еще выяснения.

Для изучения процессов пайки и плавления металлов использовался прибор «Реакция». Отработанная технология пайки металлических конструкций может найти широкое применение в космической технике.

Итак, нынешний этап технологических исследований на орбитальных станциях «Салют» преследует две основные цели: во-первых, накопление экспериментальных данных о поведении вещества в невесомости и во-вторых, определение тех технологических процессов, которые в первую очередь будут реализованы на орбите в практических целях. Попробуем представить себе эти процессы.

Производство стекла в космосе будет, возможно, одним из первых технологических процессов, поскольку его выполнение не потребует крупногабаритного оборудования. Стекло, сваренное в космосе, может использоваться наземными предприятиями для изготовления оптических систем с высокими характеристиками.

Для производства стекла в космосе, возможно, найдут применение окиси алюминия, гафния, циркония, титана. Существуют и другие окислы, дающие стекло с ценными оптическими свойствами — линзы из них могли бы, например, обладать лучшими фокусирующими качествами, но они не используются в земных условиях из-за того, что нет контейнеров, в которых их можно было бы расплавлять.

Широкое применение в космосе, вероятно, найдет изготовление материалов и изделий литьем.

С давних времен существуют производственные процессы, в которых используется явление частичной невесомости. Примером может служить отливка свинцовой дроби путем литья расплавленного металла через решета, установленные на вершинах башен. Дробь при этом образуется во время падения — в состоянии невесомости.

Другим примером могут служить процессы распыления металлов и неметаллов в порошок, создания стеклянных сфер — «микробаллонов». Однако в земных условиях нельзя создать даже частичную невесомость на протяжении всего процесса изготовления изделий. А это сказывается на их точности.

В невесомости появится возможность изготовлять весьма тонкие (толщиной, соизмеримой с величиной молекул) пленки, ленты, мембраны и волокна. В основе способа их производства будет механическое вытягивание с одновременной подачей жидкого кристаллизирующегося (отвердевающего) в процессе вытяжки материала.

На Земле получение некоторых кристаллов полупроводников, нужных электронике, обходится дорого из-за того, что получить однородную структуру мешает тяготение. В условиях невесомости этой проблемы нет.

Ученые не без основания предполагают, что полученные в космосе большие кристаллы полупроводниковых материалов, в том числе состоящие из элементов с существенной разницей в удельных весах, будут обладать такими свойствами (механическими, электрическими и др.), которые недостижимы в земных условиях. Эти кристаллы позволят создавать различные полупроводниковые устройства необычных свойств, которые найдут применение в быстродействующих ЭВМ, радиосистемах, приборостроении и т. д.

Невесомость создает идеальные условия и для выращивания монокристаллов больших размеров и высокой чистоты, с заданным распределением нужных примесей.

В космических лабораториях в условиях невесомости смогут создавать принципиально новые композиционные материалы, состоящие из легкоплавкой основы и тяжелой, более тугоплавкой второй фазы (жидкий алюминий и твердый вольфрам). И, что весьма важно, распределение этой второй фазы по всему объему материала мы сможем заранее задавать на Земле в твердом состоянии компонентов. Это распределение сохранится после расплавления основы в условиях невесомости. Если бы процесс проходил в обычных земных условиях, то тяжелая «составляющая» осела бы на дно.

В космос можно было бы вынести и все вредные производства, которые отравляют планету. Особенно

это важно до тех пор, пока земляне не научатся постигать тайны безотходной технологии.

Наукой установлено, что полученные в космосе «иглы» сапфира выдерживают давление до 2 тонн на квадратный миллиметр, что в 10 раз превышает прочность подобных «земных» материалов.

Полученная в условиях космоса сталь, содержащая 87% газа и лишь 13% металла, не теряя своей прочности, имеет удельный вес алюминия.

Сверхчистые металлы, пенометаллы, фармацевтические препараты, сплавы высокой однородности, полупроводники... Какие еще области применения найдет космическая технология? Ответить на этот вопрос едва ли кто сегодня возьмется. Однако понятно, что развитие науки и техники в будущем потребует все более широкого развития этой отрасли.

КОСМОНАВТ ИССЛЕДУЕТ ЖИВОЕ

С организацией научных лабораторий в космосе медики и биологи смогут изучать такие принципиальные вопросы, как роль гравитации и суточного цикла в развитии жизни, в протекании жизненно важных процессов в различных организмах — от простейших до человека. Влияние проникающей радиации, отработка технических и фармакологических средств защиты от нее, совершенствование систем жизнеобеспечения, выработка научного понятия о комфортности полета, накопление опыта работы в открытом космосе — все эти проблемы решают ученые в настоящее время.

Сам человек, его состояние, функционирование отдельных органов, работоспособность, здоровье являются объектом исследования специалистов, особенно в начале практического освоения людьми космоса.

Для этих целей космонавты готовятся еще на Земле, а на борт берут комплекс различной аппаратуры.

Специалистов, в частности, интересует функционирование вестибулярного аппарата на первом этапе полета, при знакомстве космонавтов с невесомостью. На борту «Салюта-5» проводились и эксперименты по оценке изменения реакции вестибулярного аппарата на непривычные раздражители. Для этого на станции имелся специальный электрический прибор под названием «Импульс».

Специалисты ставят себе целью получить оценки операторских способностей членов экипажа, т. е. динамических характеристик космонавта-оператора. По итогам этого эксперимента делают вывод о влиянии факторов космического полета на работоспособность оператора.

Комплекс медицинских исследований, например, на станции «Салют-6» — это не только система мероприятий по контролю и профилактике здоровья и работоспособности экипажа, но и главным образом научная программа, имеющая целью углубленное изучение различных аспектов пребывания человека в условиях длительного космического полета. Здесь широко использованы методы реографии, плетизмографии, баллистокардиографии; существенно большее, чем раньше, внимание уделяется изучению условий психологического, физиологического и гигиенического комфорта.

Медицинское оборудование станции включает многофункциональную аппаратуру для проведения различных исследований и функциональных проб. Для «взвешивания» космонавтов в условиях невесомости разработаны специальные космические «весы». На борту имеется и миниатюрный «стадион»: «бегущая» дорожка и велоэргометр.

Космонавты на «Салюте-4» испытали новый метод тренировки мышц — электростимуляцию: электрические импульсы сжимают тело, а затем мышцы разжимаются. По словам П. Климука, электростимуляция создает приятное ощущение.

У космонавтов систематически исследуется динамика психического состояния (это делается в период подготовки к полету, в ходе полета, а также после его завершения). Психическое состояние человека подвержено значительным изменениям и отражает воздействие многих факторов. Вместе с тем оно влияет на работоспособность и качество деятельности человека (скорость реакций, корреляция движения, интенсивность реакций, скорость, точность и целенаправленность умственных операций и др.). Оптимизация психических состояний и их целенаправленное регулирование (настраивание) являются важной практической задачей, правильное решение которой обусловливает успешное выполнение запланированной программы полета.

Медицине важна объективная информация для того,

чтобы предвидеть поведение космонавтов в полете. Но ценность достоверной информации этим не ограничивается. Ее используют, чтобы выдать рекомендации для конструкторов корабля, для управления состоянием космонавтов. И, наконец, чтобы выработать эффективные средства профилактики отрицательного влияния невесомости в длительных космических полетах.

В ходе космических полетов космонавтами выполняются многие биологические эксперименты. Укажем лишь на некоторые из них.

В ходе биологических экспериментов изучается влияние невесомости на ряд основных параметров жизнедеятельности организмов: эмбриональное развитие, рост и клеточное деление, наследственность, радиочувствительность и поведение. Отмечено, что отсутствие силы тяжести послужило поводом к изменению поведения механизмов пространственной ориентации у рыб, а также формообразования у высших грибов. Однако существенных изменений процессов эмбрионального развития рыб и, в частности, вестибулярного аппарата не обнаружено.

На борту станции «Салют-4» проводились эксперименты со специальной системой («Оазис»), предназначенной для выращивания растений в условиях невесомости. Биологов интересуют здесь два аспекта: поведение растений в непривычных для них условиях и работоспособность в этих условиях самой системы. По результатам эксперимента можно судить о возможности создания систем жизнеобеспечения, основанных на биосинтезе.

Вот как характеризует систему «Оазис» один из ее создателей.

Почва на «Оазисе» пронизана капиллярными каналами, через которые, по идее, должно впитываться нужное для растений количество влаги. На земле работа этих микроскопических канальцев согласуется с земным притяжением. На орбите же капилляры неожиданно для нас стали перекачивать воду, как исправные насосы. В системе был зафиксирован избыток влаги. Немало труда, творческих усилий потребовалось от А. Губарева и Г. Гречко, чтобы привести систему в порядок, изменить режим подачи воды. На Земле корень, появившийся из проросшего семени, под действием

гравитации устремляется вниз. А в космосе нет никакого низа. Куда будет «смотреть» корень?

Оказалось, что все здесь зависит от того, как сориентировано семя растения. Если оно расположено так, что корень «смотрит» в землю, а проросток обращен в сторону источника света, это растение будет жить и даст хороший урожай. Если же ориентация окажется иной, растение очень скоро погибнет. Так и случилось на борту станции «Салют-4»: из 36 семян выросли только три растения.

По возвращении на Землю эти растения измерили, сфотографировали и зафиксировали в углекислоте. Внешне они ничем не отличаются от обычных стеблей гороха — ну, хотя бы тех самых, что растут на поле недалеко от Центра управления полетом. Однако требовалось исследовать, нет ли каких изменений на клеточном и субклеточном уровне.

По результатам исследований первой экспедиции в программу «Оазис» были внесены существенные изменения. Сосуды, в которых выращиваются растения на борту «Салюта-4», были дооборудованы: если раньше их стенки отталкивали влагу, то теперь они, наоборот, притягивали ее. Изменился и способ набивки в сосуды искусственной почвы. Семена гороха перед посадкой были ориентированы в нужном направлении, и поэтому потери семян на этот раз были незначительны.

Кроме растений, на борту «Салюта-4» изучались и другие живые объекты. Например, во время первой экспедиции ставился опыт по развитию рыб от оплодотворенной икринки до стадии малька.

Еще одним интересным биологическим объектом на борту станции «Салют-4» во время работы экипажа являлась культура ткани, взятая от хомячка. Это интереснейший объект, который живо реагирует на все воздействия окружающей среды.

На «Салюте-5» изучались поведенческие реакции рыб, их возможности ориентироваться в условиях невесомости.

Работа вестибулярного и гидростатического аппарата, представленного у рыб плавательным пузырем, во многом определяется силой тяжести. В невесомости она, естественно, нарушается. Поэтому биологов интересует вопрос: сможет ли рыба приспособиться к невесомости?

Чтобы получить ответ на него, космонавты наблюдали за поведением двух рыб гуппи, помещенных в аквариум, фотографировали их, проводили теле- и киносъемку. Ставилась задача проверить возможность выплода мальков в полете (гуппи — живородящая рыба). Изучалась также способность рыб ориентироваться на источник света.

С целью изучения влияния совокупности космических факторов на основные биологические ритмы в совместном полете по программе «Союз» — «Аполлон» проводился эксперимент «Зонообразующие грибки». В качестве биологического объекта наши ученые предложили использовать Пущинский штамм лучистого грибка, обитающего в земной почве. Программа совместного полета «Союз» — «Аполлон» позволила впервые провести исследования по биоритмике в космосе на одних и тех же организмах, но выращенных в различных часовых поясах. Разница во времени между лабораториями СССР и США, культивирующими эти грибки, составляет примерно 9 часов. Эксперимент проводился в специально разработанном нашими учеными приборе «Ритм-1», в корпусе которого установлены две чашки Петри с грибками и пластиковые детекторы для регистрации потока тяжелых ядерных частиц.

За семь суток до старта грибки «вынесли» на свет, им навязали нужный ритм зонообразования, выдерживаемый затем длительное время (с 9 часов утра до 21 часа — свет, а с 21 до 9 — темнота). За 3—4 часа до старта на кораблях были установлены по два прибора с этим штаммом. Во время полета их фотографировали через 12 часов. После стыковки экипажи обменялись одним из двух приборов, установленных на каждом корабле. По окончании полета был также предусмотрен комплекс исследований.

Другой биологический эксперимент — «Микробный обмен» — имеет большое значение для пилотируемых полетов будущего. Установлено, что длительное пребывание в герметических помещениях и действие факторов космического полета могут вызвать заболевания, возбудителями которых являются представители «собственной» микрофлоры (аутомикрофлоры) людей. С одной стороны, противоинфекционная устойчивость организма в космосе может снижаться, с другой — безвредные в обычных условиях, эти микроорганизмы в космо-

се приобретают «агрессивные» болезнетворные свойства. Заболевания могут возникнуть в результате «микробного обмена» между членами экипажа или «перекрестной инфекции». В основе эксперимента лежат исследования микрофлоры каждого космонавта и внутренних помещений кораблей перед стартом и в полете.

Большое научное и практическое значение имеет изучение влияния необычных условий космического полета на наследственность. Классический объект генетики — науки о наследственности — плодовая мушка дрозофила.

С легкой руки американского биолога Т. Моргана дрозофила вот уж несколько десятилетий остается «любимым» объектом генетиков. Привлекает биологов и то, что природа отпустила дрозофиле весьма короткий срок развития — всего 12—15 суток. Значит, можно за сравнительно небольшое время на нескольких поколениях мушек проследить, как действует на наследственные признаки радиация, невесомость и другие «спутники» космического полета.

Эксперимент «Генетические исследования на дрозофиле» на «Салюте-5» проводился в специальном приборе — культиваторе. Наследственные признаки мушки хорошо изучены в условиях Земли. Это позволяет ученым обнаружить возникшие во время полета изменения наследственных признаков — генные мутации, которые проявляются в виде изменения цвета глаз, тела, а также формы тела, крыльев и т. д. В эксперименте определялась: частота возникновения шести различных видимых мутаций, частота мутаций, вызывающих гибель части мух — потомков первого поколения; частота наследственных нарушений, вызывающих гибель в процессе зародышевого развития. При этом все стадии развития мух проходили непосредственно на борту космического корабля или станции, что обеспечило чистоту и достоверность эксперимента.

На «Салюте-5» проводилось также изучение влияния факторов космического полета на рост и деление клеток корешков растения крепис. Это растение выбрали потому, что оно очень неприхотливо, занимает малый объем.

Впервые на борту «Салюта-6» ставился биологический эксперимент, который имеет отношение не только к проблеме существования жизни в космосе, но и к ее

истокам, зарождению. В этом эксперименте, названном «Медуза», снаружи станции на переходном отсеке в специальных колбочках помещали биополимеры — те «строительные блоки», из которых создан любой живой организм. Часть колбочек открыта всему потоку солнечных и космических излучений, а часть надежно укрыта внутри станции. Сравнение этих образцов биополимеров возможно позволит в будущем установить, какое влияние оказывает широкий спектр космических излучений (который практически невозможно сразу воспроизвести в лабораторных условиях на Земле) на живой организм.

Цель совместного советско-чехословацкого эксперимента на «Салюте-6» «Хлорелла-1» — дальнейшие исследования водорослей в невесомости в целях создания в будущем на основе фотосинтеза надежных систем жизнеобеспечения для длительных космических полетов.

Необходимо отметить, что выполнение программы космического полета, его безопасность во многом определяются режимом труда и отдыха космонавтов. При построении рационального режима специалисты стремятся к реализации двух основных целей: способствовать выполнению космонавтами профессиональных обязанностей (эксплуатация систем корабля и ведение научных исследований), а также обеспечить сохранение здоровья и поддержание работоспособности космонавтов на протяжении всего полета.

При планировании режима труда и отдыха космического экипажа приходится идти на научно обоснованный компромисс между желанием выполнить в процессе полета возможно большее количество прикладных задач и исследований и медицинскими требованиями к сохранению здоровья и работоспособности космонавтов. Только эргономический подход, в основе которого лежит стремление оптимизировать систему по выбранным критериям эффективности и безопасности, может примирить эти две противоречивые тенденции. Оптимально спланированным может считаться такой режим труда и отдыха, при котором мероприятия по профилактике утомления, восстановлению сил и сохранению здоровья космонавтов обеспечивают как поддержание их высокой работоспособности на протяжении всего полета, так и необходимый уровень активности в послеполетный период.

ГЛАВА 4

СИСТЕМА «ЧЕЛОВЕК — МАШИНА» В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ

Накопленный опыт космических полетов, полученные научные результаты, а также последние достижения в области кибернетики и других наук позволяют сделать вывод: в обозримом будущем человеку попрежнему будет отведена важная роль в осуществлении космических операций.

С одной стороны, многие специалисты считают вполне реальным в не столь уже далеком будущем развертывание в космосе промышленного производства. С другой стороны, результаты исследований, касающихся возможностей автоматики, в частности ЭВМ, отодвинули перспективу «замены» человека автоматическими устройствами при выполнении ряда важных функций. Следовательно, в космосе потребуются люди самых различных специальностей: ученые и инженеры, монтажники и ремонтники, обслуживающий персонал. Сохранится потребность и в космонавтах-пилотах. И, конечно, будет продолжена и исследовательская работа в космосе.

Вместе с тем, на будущих кораблях и станциях значительно возрастет роль автоматики, которая позволит высвободить человека от выполнения рутинной работы, во многом «усилит» его и предоставит ему возможность в максимальной степени посвятить себя решению творческих задач. В связи с этим все более актуальными будут вопросы правильного разделения функций между человеком и автоматом, объединения их в единую эффективную систему. Но для этого нужно четко представлять себе возможности («плюсы» и «минусы») и человека и автомата, а также все расширяющийся круг задач, которые будут решаться в космических полетах.

Обо всех этих вопросах пойдет речь в настоящей главе.

До настоящего времени преобладали задачи, связанные с управлением кораблем, так как разрабатывались и проверялись новые системы. В последнее время все большее внимание уделяется научно-исследовательской работе. Сейчас у нас есть возможность сделать длительный прогноз. На орбитальных космических станциях будет проведена исследовательская работа, которая позволит лучше определить область максимального участия человека в длительных космических полетах.

Обсуждению подлежат следующие сферы действия человека: 1) обеспечение надежности космического корабля путем оценки состояния систем, изменения программ действия, обслуживания оборудования и ремонта; это особенно важно в случае межпланетных полетов, которые потребуют высокой надежности оборудования и при которых экстренное возвращение на Землю будет невозможно; 2) проведение космических операций, в частности стыковки и посадки, в случаях, когда автоматизация недостаточно универсальна или при возникновении отказов; 3) научно-исследовательские операции, особенно когда профессиональная интуиция требует изменения экспериментальной программы.

Преимущества человека-исследователя перед автоматическими устройствами неоспоримы на стадии отработки новой аппаратуры и новых методов исследования. Прежде всего они заключаются в том, что человек способен оперативно анализировать происходящие события, выбирать из потока информации наиболее ценную, принимать решения, используя различные виды информации.

Присутствие на борту космического аппарата человека намного повышает надежность и ресурс оборудования: он может выполнять его переналадку, профилактику, ремонт.

Таким образом, человеку в полете управление кораблем и его системами доверять можно и нужно. Однако необходимо осуществление целого комплекса мероприятий по повышению надежности функционирования всех систем космического корабля: на основе тщательного анализа прогнозирование вероятных отказов отдельных систем корабля в процессе полета, а главное — обучение человека работать в непредвиден-

ных ситуациях, так как на Земле трудно все предусмотреть, познать все тонкости космического бытия.

Американские специалисты утверждают, что во время второй мировой войны сложная аппаратура, особенно электронная, часто плохо работала только потому, что от операторов слишком многого требовали, например, в течение многих часов быть «предельно» внимательным. Вопросами эргономики тогда еще никто не занимался, и конструкторы проектировали свои машины в расчете на «идеального» оператора: бесстрастного, до конца логичного, никогда не устающего, всегда внимательного и никогда не забывающего ни одного пункта многочисленных инструкций по эксплуатации. Словом, очень похожего на безотказную машину.

Если системы управления космического корабля будут выполнены без учета возможностей оператора по их управлению, а с надеждой на то, что оператор «уживется» с любой системой, то, как показывает практика, оператор не во всех случаях (особенно при специфических условиях космического полета) выполнит успешно свои функции управления. Только лишь отбором и тренировкой оператора, как это было ранее применительно к относительно менее сложным системам, на космическом корабле уже нельзя обеспечить эффективную работу оператора по управлению. Становится ясным, что для этих целей необходимо и сами машины, и устройства управления конструировать так, чтобы они могли быть успешно «управляемы» оператором. Поэтому появилась потребность определения психофизиологических возможностей оператора по управлению различными системами, выработке требований по согласованию этих возможностей с характеристиками технических устройств в единой замкнутой биомеханической (эргатической) системе «оператор — машина — среда» (ОМС). Системы управления ОМС на космических летательных аппаратах являются весьма сложными, работа экипажей на них исключительно ответственна, а требования к точности и надежности систем управления непрерывно повышаются. Значит, специалисты должны знать возможности человека и машины и уметь осуществлять их совместимость. Вопросами взаимодействия человека с техникой в космонавтике, исследованием систем «человек — машина» и занимается новая наука — космическая эргономика.

Рассмотрим сложную систему управления космическим кораблем, в состав которой наряду с такими звеньями, как индикаторные приборы и сигнализаторы, фиксирующие состояние управляемого объекта, органы ручного управления и устройства, создающие управляющие воздействия, входит основное звено системы управления — оператор. Здесь налицо система ОМС, которая надлежащим образом может выполнять свои функции, если характеристики ее работы, а также любые их изменения отображаются теми или иными приборами, показания которых воспринимаются органами чувств оператора. Восприятие и анализ показаний прибора являются основой для возбуждения ответной реакции оператора. Эта реакция оператора служит источником сигнала, при помощи которого осуществляется воздействие на какую-либо систему управления. Это управление должно быть непосредственно связано с основной работой машины, влиять на функциональную деятельность ее, а та, в свою очередь, должна снова проявляться в виде изменений показаний прибора. Последний информирует оператора, в какой степени и последовательности необходимо вносить в управление дополнительные изменения.

Таким образом, цикл управления, условно начинающийся с момента фиксации оператором состояния машины, отображенного прибором, проходит через ряд промежуточных операций, совершаемых оператором и управляемой им машиной, и заканчивается моментом изменения показаний прибора, фиксирующего новое состояние машины. Этот момент является началом нового цикла управления.

Как следует из практики космических полетов, космонавт-оператор выполняет параллельно функции по управлению несколькими системами корабля. Функции оператора в такой сложной системе управления сводятся к следующим:

компенсаторному слежению по многим индикаторам;

операциям контроля за величинами регулируемых параметров объекта;

математической и логической обработке получаемой от приборов и сигнализаторов информации;

обобщению результатов, контроля и сравнения их с планом действия;

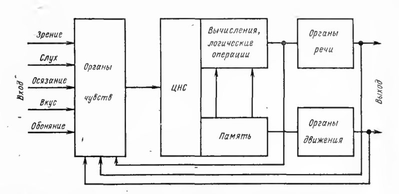


Рис. 10. Блок-схема переработки информации человеком-оператором

выработке решений по управлению объектом и реализации этих решений через органы управления.

Следовательно, процесс управления полетом представляет собой последовательное выполнение отдельных маневров, и с кибернетической точки зрения может рассматриваться как процесс получения и обработки информации, подготовки решения и реализации его через органы управления (рис. 10). Для иллюстрации деятельности космонавта в качестве оператора рассмотрим алгоритмическую схему операции по визуальному наблюдению с борта космического корабля с использованием соответствующей аппаратуры.

После поступления команды на выполнение операции космонавт определяет район наблюдения и пытается обнаружить объект наблюдения. Если объект обнаружен, то оператор наводит прибор регистрации (визир-секстант, фотоаппарат, телескоп, спектрограф и т. д.) на этот объект. Если же оператор считает, что объект не селекционирован или в заданном районе нет искомого объекта, то он ждет новую команду (или сам принимает решение). При наведении прибора возможна одна из двух ситуаций. Прибор наведен правильно — космонавт регистрирует объект путем фотографирования, спектрографирования и т. д. Прибор, как считает космонавт, наведен неправильно — действия начинаются заново с селекции. После регистрации объекта или явления космонавт должен решать задачу о достаточности одного замера или регистрации для надежности выполнения всей операции. Если одного замера достаточно, то

идет доклад или запись о наблюдении, если недостаточно, то операция выполняется заново, начиная с наведения прибора.

Анализируя указанную схему алгоритма деятельности космонавта по проведению наблюдений, можно отметить три действия, которые непосредственно связаны с нормальным функционированием зрительного и двигательного каналов связи оператора: 1) селекция объекта и его опознание (подсчет элементов, контрастности и т. п.); 2) наведение прибора (отслеживание, наложение); 3) сама регистрация.

При исследовательской и испытательской работе на корабле этот «круг» может несколько изменяться, но в целом человек как исследователь и испытатель всегда занимается приемом и переработкой информации, вычислениями, решением логических задач, анализом ситуаций, кодированием и декодированием информации, фильтрацией (селекцией) сигналов от шумов, прогнозированием, составлением, сменой и выполнением заданной программы, дублированием отказавших систем, их обслуживанием и ремонтом, хранением информации, слежением и манипулированием органами управления бортовых систем.

И вполне прав профессор И. Я. Конфедератов, когда он выделяет пять основных, качественно отличных одна от другой групп функций, которые выполняет человек в системе ОМС: энергетические, технологические, управляющие, транспортные и логические. При этом, чем более совершенная космическая техника, тем больше трудовых функций человека (особенно из групп энергетических и транспортных) передается машинам, автоматам, космическим роботам.

Ну, а теперь вернемся к человеку и посмотрим, на что он способен. Он обладает памятью, способен к самообучению, распознаванию образов и т. д.

Приведем некоторые «технические характеристики» человека:

разрешающая способность глаза	1 угловая минута
восприятие различных цветов	до 16 цветов и оттенков
воспринимаемый диапазон электромагнитных волн	380—760 мкм

пропускная способность зрения	56 двоичных единиц в секунду
воспринимаемый диапазон звуковых частот . . .	16—20,000 Гц
время восприятия элементарной информации . . .	0,25—0,3 с
минимальное время реакции на быстро следующие сигналы при интервалах 0,25 с	2,5—3,0 с
минимальный интервал между восприятием сигналов	0,5 с
информационная емкость памяти	до 10^{21} двоичных единиц

В табл. 3 приведены данные о средних значениях сенсомоторной (чувственно-двигательной) реакции анализаторских систем оператора.

Таблица 3

Анализатор и качество сенсорного раздражителя	Скрытый период (средняя величина), м/с
Тактильный (прикосновение)	90—220*
Слуховой (звук)	120—180*
Зрительный (свет)	150—220*
Обонятельный (запах)	310—390*
Температурный (тепло, холод)	280—1600*
Вкусовой	310—1080*
Вестибулярный аппарат	400
Болевой	130—890*

* Указаны наименьшие и наибольшие значения средних величин, полученных различными авторами.

Чисто человеческие свойства анализа неожиданных ситуаций в космосе, восприятия информации, на прием которой не рассчитаны датчики и автоматические приборы, обнаружение новых явлений, не «заложенных» в программы автоматических устройств, изменение самих программ, помогают расширить, и иногда существенно, наши знания о планетах, космосе. Опыт пилотируемых полетов, начиная с исторического рейса Ю. А. Гагарина, высадка космонавтов на поверхность Луны и работа человека в условиях орбитальной станции показывают, что личные ощущения людей дают ценнейшую информацию.

Теперь уже установлено, что при выполнении ряда задач человека не может полностью заменить никакая, самая совершенная электронная вычислительная техника и автоматика. На экипажи кораблей возлагают творческие задачи, решение которых требует учета многочисленных, нередко противоречивых или трудно переводимых на язык ЭВМ факторов. Необходимо, следовательно, глубоко продуманное, научно обоснованное распределение функций между человеком и машиной и такое взаимное дублирование их, чтобы в любых условиях общая надежность и эффективность этой «комбинированной системы» обеспечивала максимальную безопасность полета и наиболее высокую вероятность выполнения поставленных задач, в том числе задач исследовательского, заранее не запрограммированного плана.

Только человек может осуществлять окончательную сборку оборудования и его точную наладку и регулирование, корректировать программы полета в соответствии с реальной обстановкой, обслуживать и ремонтировать аппаратуру, вести отбор необходимых данных («сортировка» информации), осуществлять выборочную передачу данных на пункты управления.

Человек обладает способностями, которые позволяют лучше всего вести наблюдения, обрабатывать данные, оценивать их.

В космосе приходится сталкиваться с незнакомой стратегией и тактикой поведения, в отношении которых человек обретает все большие возможности.

Подвижность психики человека, его воображение и способность логически мыслить — это те ценные качества, которые ставят его выше приборов во многих специфических условиях. Человеческий мозг — это изумительно сконструированная электронно-вычислительная машина — весит «всего три фунта» и обладает исключительными свойствами.

Рассмотрим еще некоторые возможности и ограничения человека. Какую мощность может развивать человек? На этот вопрос различные исследователи дают разные ответы. Это и понятно: все зависит от возраста, массы, индивидуальных особенностей.

В одной из лабораторий в Англии проведены точные измерения: британский велогонщик-олимпиец Байен Джолли на специальном приборе развивал мощность



Рис. 11. Иллюстрация некоторых достижений человека:

Цифры, помеченные значком ●, — рекордные, остальные цифры — средние о некоторых примерах человеческого могущества и замечательных наших

Свет

Рентген. лучи | γ-лучи | Ультрафиолет. лучи | Инфракрасные лучи | Радиоволны

10^{-6} 10^{-5} 10^{-4} 10^{-3} 0,4 0,7 1мм 1см 1м 10км

0,0004 мм

10^{-7}–$3\cdot10^{-7}$мм

5-8 млрд. свет. лет

8-12 млрд. свет. лет

0,2 мм

2 млн. свет. лет

1 свет. год – 9460 млрд. км

~1 операция в сек

$>10^7$ опер. в сек

ЭВМ

10 бит/с

>1 млн бит/с

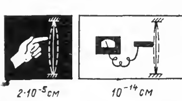
(считывание информации)

~2-3 страницы в час

50 тыс. газет в час

Инфразвук | Слышимый звук | Ультразвук | Гиперзвук

0,001Гц 1Гц 16Гц 1кГц 20кГц 1МГц 10^3МГц 10^6МГц



$2\cdot10^{-5}$см

10^{-14}см

величины, полученные простейшими расчетами. (Рисунки рассказывают лишь помощниках — машинах)

480 ватт (2/3 л. с.) в течение 5 минут. Тяжелоатлет, тоже участник английской олимпийской сборной, негр Луис Мартин при поднятии штанги весом 125 кг развивал в течение 0,3 с мощность, равную 4 л. с. В одном из сообщений Совета экспериментальной медицины говорилось, что при прыжке в высоту мужчина за 0,1 с развивает мощность в $5{,}22 \pm 1{,}55$ л. с., а женщина — $3{,}5 \pm 0{,}48$ л.с. Это в 15 раз больше средней мощности, которой обладает человек при более длительной работе (рис. 11).

Человек имеет ограничения природного порядка. Но есть, оказывается, и уникальные «экземпляры»; приведем один пример. В Италии в 1961 году 22-летний студент Джулио Джули продемонстрировал феноменальную память: прослушав 36 тыс. слов, совершенно не систематизированных, он после шестичасового чтения смог повторить все слова по порядку и вразбивку или пропуская каждое третье слово. «Великая память» — окрестили Джули современники. Нельзя забывать и еще об одном «ограничении» человека. Речь идет о трудностях реадаптации, т. е. приспособления к земным условиям после длительного пребывания в условиях невесомости и ограниченного передвижения.

Каким становится человек, надолго прекративший мышечную работу, врачи хорошо знают. В последнее время это отчетливо было доказано специальными исследованиями. Американские ученые однажды положили в гипс четырех здоровых мужчин на шесть недель, и в ходе эксперимента проводили всесторонние исследования. После того, как гипс сняли, испытуемым предложили встать и все четверо потеряли сознание. Обморок, или, как принято говорить, гравитационный коллапс, прекратился сразу же после перевода их в горизонтальное положение. После полной неподвижности работа почти всех внутренних органов оказалась нарушенной. Мышцы стали дряблыми, масса их резко уменьшилась, кости, судя по потере основного их вещества — кальция, потеряли свою прочность. Была утрачена координация движения, и люди разучились стоять на ногах, а если в это положение их переводили с помощью вращающегося стола — наступал обморок.

Советские ученые, исходя из научно обоснованных исследований, считают, что этот барьер, можно преодолеть благодаря использованию в полете специальных физи-

ческих упражнений, использованию космонавтами специальных костюмов и устройств.

Перейдем теперь к оценке возможностей человека и машины. Это позволит нам понять, каким образом распределить функции между человеком и автоматом и разумно, строго научно объединить их в одном надежно действующем, т. е. эргатическом (человеко-машинном), комплексе.

В чем же состоит подлинно разумный подход к распределению функций между человеком и автоматом? Автоматы должны измерять параметры, регулировать динамические процессы и работу систем, контролировать их состояние и выдавать экипажу обработанную информацию с готовой оценкой состояния систем, формировать рекомендации и прогнозы. Экипаж же, используя эти данные, будет принимать решения о проведении тех или иных работ, времени и методе их выполнения.

Анализ табл. 3 и 4 показывает, что, с одной стороны, человека на борту космического корабля следует освободить от стереотипных и монотонных работ, утомительных действий по стабилизации и ориентации корабля, от стандартных навигационных вычислений, логических и математических операций над большим количеством входной (для оператора) информации для выработки команд управления и т. п. и полностью возложить эти функции на автоматические устройства. С другой стороны, автоматическим устройствам не следует полностью «поручать» (хотя бы на современном уровне развития автоматики) функций по опознаванию образов (при ведении наблюдения земных, морских и различных космических объектов, выбору места посадки в зависимости от конкретной ситуации), проведению сборочных работ в космосе, принятию решений в условиях недостатка информации и т. д.

Но окончательно ответ на этот вопрос — о разделении функций — можно получить лишь при глубоком научном анализе задач, возложенных на ту или иную эргатическую систему, свойств и возможностей техники и человека в условиях полета.

Необходимо прежде знать: что может человек в космосе? Насколько точными и скоординированными остаются здесь его движения? Как изменяется скорость его реакции на простые и сложные сигналы? Для этих

Таблица 4

Человек	Современная многофункциональная автоматизированная система управления на основе ЭВМ
Способен распознавать и использовать информацию при общем анализе обстановки для разделения явлений во времени и выборе наиболее важных сведений	Не способна к анализу событий, распределенных во времени и пространстве, и их распознаванию
В ранее не встречавшихся ситуациях может вырабатывать решение методами индукции и обобщать ряд данных	Отбор и анализ случайных событий (сигналов) возможен только по заранее предусмотренной программе. Выводится из строя спектром шумов определенного уровня. Не способна к логическим обобщениям и решению в непредвиденных ситуациях
Вычислительные возможности ограничены, выполняются медленно и с малой точностью	Можно задать в программе выбор оптимального решения, необходима точность и скорость вычисления
Низкие возможности кратковременного запоминания, сравнительно большое запаздывание реакции	Очень широкие возможности запоминания и запроса информации из устройства памяти. Запаздывание определяется быстродействием ЭВМ и может быть выбрано очень малым
Способность к решению логических задач определяется врожденными способностями и обучением, эмоциональным состоянием. Требуется периодическая тренировка. Работоспособность снижается при утомлении	Рабочие характеристики определяются сложностью заданной программы. Обучение быстрое, но ограничено заложенной программой. Характеристики со временем практически не меняются
Способен к постановке целей, заинтересован в результатах работы. Требует специальных условий жизнедеятельности	Безразлична к результатам работы. Надежность в эксплуатации зависит от сложности схемы

целей на кораблях «Союз» были проведены соответствующие научные эксперименты.

Схема опыта была проста. Космонавту предлагалось рукояткой управления прибором «отследить» — повторить путь движущегося на экране сигнала. По своей структуре сигналы были различной трудности. Самое же

главное — они делились на прогнозируемые и непрогнозируемые. Исследование реакции на них позволяет определить величину «передаточной функции» человека как основного «звена» системы управления. Повторение же опыта в начале и на последующих этапах полета преследует цель установить изменение скоординированности управляющих движений и точности реакции по мере адаптации человека в космосе, привыкания его к условиям полета. Данные, полученные в предыдущих полетах наших космонавтов, а также американских астронавтов, говорят о том, что сразу после выхода на орбиту, на первых витках полета, координация движений космонавта значительно ухудшается. Но по истечении какого-то времени способность к точным движениям и быстрым реакциям восстанавливается, приближаясь к земному уровню.

Нелегкие и пока существенно отличающиеся от земных условия работы на космическом корабле не допускают при нормальном ходе полета перегрузки космонавта, необоснованного отвлечения его на выполнение второстепенных и вспомогательных операций, рассеивания внимания на большое количество приборов и индикаторов.

В результате исследований трудовой деятельности человека было установлено, что его психофизиологические возможности в космосе, операторские функции существенно не отличаются от земных, но имеют особенности, связанные с влиянием невесомости и отсутствием опоры тела. Установлено, что даже на среднем этапе длительного полета, когда адаптационный период практически закончился, время выполнения некоторых операций в космосе значительно больше времени выполнения тех же операций в наземных условиях.

Исследования человека в космосе продолжаются. До сих пор, несмотря на накопленный опыт, наука не располагает достаточными данными о возможностях человека жить и работать длительное время в космосе без функциональных нарушений и снижения работоспособности. Поэтому, естественно, каждый новый космический полет — шаг вперед в решении этой важной проблемы.

Приведем некоторые данные, относящиеся к изменению возможностей человека в космических полетах.

Из функций зрительного анализатора в полете иногда изменяются цветоощущение, восприятие движения и

формирование зрительных образов (восприятия яркости, глубины и формы предметов).

Еще в первых полетах было отмечено, что космонавты видят с орбиты объекты на Земле (вопреки земному опыту), угловая протяженность которых меньше одной угловой минуты. Например, в печати были сообщения о том, что американский космонавт Г. Купер во время полета видел кратеры на Тибете и автомобили на дорогах Юго-Запада, а астронавты Ю. Сернан и Т. Стаффорд наблюдали форму самолетов на взлетно-посадочных полосах и т. д.

На адаптационной фазе космического полета отмечаются: снижение двигательной активности, надежности зрительного канала связи оператора и функциональных способностей по восприятию и переработке информации. Снижение работоспособности оператора-космонавта, приводящее к затруднениям по управлению кораблем, можно классифицировать, говоря «авиационным языком», как предпосылку к происшествию в космическом полете. Но это не единственная предпосылка. Большое количество предпосылок возникает вследствие отказов систем жизнеобеспечения (23,9%) и управления (21,4%). Более 30% предпосылок возникает из-за снижения надежности оператора — ошибочные действия экипажа (16%), функциональная недостаточность физиологических систем (10,3%), болезнь членов экипажа (4,6%).

Исследования слуха в полете немногочисленны и об изменении этой функции человека накоплено еще мало данных.

Кожная чувствительность и кинестезия не претерпевают сколько-нибудь существенных изменений, правда, тактильная чувствительность изменяется чаще, чем болевая и температурная.

Были замечены нарушения представления о времени.

Данные об изменениях перцептивно-моторных функций, и прежде всего быстроты и точности реакций, имеют противоречивый характер, изменения объясняются, вероятнее всего, уровнями мотивации и активации, а не сенсорной и прецептивной депривацией в чистом виде.

Нужно также учитывать, как человек, живущий и работающий в столь необычных условиях космоса, не имеющих аналогов на Земле, воспринимает окружающую его среду. Ведь у космонавтов работа многопла-

новая, трудная и серьезная, а условия быта, труда, отдыха, жизни совсем иные, чем на Земле. Между тем космонавты и в космосе остаются землянами — они бывают веселыми и грустными, допускают ошибки, иногда могут и болеть, не иметь прекрасного настроения, отношения и у них в экипаже могут оказаться натянутыми, в общем — в полете в этом смысле, как на Земле. Даже спокойный и выдержанный на Земле человек в космосе может стать значительно возбужденнее и резче — необычные условия полета действуют и на психику космонавта.

Как мы уже говорили, в невесомости требуется больше времени на выполнение некоторых операций. Например, если для работы на корабле или станции требуется фотоаппарат, его нужно достать, зарядить пленкой, поставить нужную диафрагму, выдержку и т. д. На все это в земных условиях затрачивается 5—10 минут. А на станции все улетает, уползает из-под рук, и следовательно, на подготовку фотоаппарата уходит раза в три больше времени, чем на Земле.

На действия космонавтов влияет не только невесомость. Так, эффективность выполнения операции прицельного фотографирования на корабле зависит, как показали эксперименты, не столько от влияния невесомости, сколько от наличия безопорного пространства. При работе в невесомости, но при закрепленном в ложементе положении тела средняя ошибка фотоприцеливания увеличилась в 3,5 раза (по сравнению с ошибкой, определенной во время тренировок на земле в макете кабины корабля), а при действии невесомости и безопорного положения эта ошибка возросла в 6 с лишним раз.

Исходя из этого анализа рекомендуют проводить регистрацию при визуальных наблюдениях лишь в закрепленном положении, для чего в наиболее вероятных местах проведения этих операций на рабочих местах (у иллюминаторов, визиров, секстантов и т. д.) необходимо иметь приспособления для закрепления тела космонавта не менее, чем в трех точках (с обязательным условием — оставлять обе руки свободными).

Использование автоматических и отчасти автоматизированных систем управления на борту корабля (в том числе, управления научным бортовым комплексом) ведет к уменьшению физической компоненты и возраста-

нию психической, интеллектуальной компоненты деятельности космонавта.

В ряде случаев его работа осуществляется на фоне значительной сенсорной недогрузки при недостаточной практической информации и дефиците времени, а также при его «избытке».

«Избыток» времени, т. е. наличие достаточно свободного времени располагает к переключению внимания с объективного мира на свое субъективное состояние. Относительная изоляция, пребывание в ограниченном пространстве, наличие свободного времени, постепенное снижение интереса к окружающему (в связи с привыканием к обстановке), изменение физического состояния под влиянием невесомости, нарушение обычного соотношения различных модальностей сенсорного притока, возрастающая тоска по дому и близким и связанное с этим беспокойство могут положить начало переориентации — переключению от преимущественно внешней ориентации к внутренней, субъективной.

Во время длительных космических полетов, особенно после периодов бездействия, возможно, трудно будет сохранить сложные профессиональные навыки и высокую работоспособность, столь необходимые космонавту. Поэтому для успешного завершения полета (или его этапа) может возникнуть необходимость применения на корабле бортовых тренажеров для восполнения «угасших» профессиональных навыков у космонавтов.

Имитирующие и моделирующие устройства на борту могут быть использованы для непрерывной или эпизодической деятельности, для тренировки отдельных функций (внимание, слежение и др.).

Пребывание в ограниченном пространстве и изоляция, независимо от того, сопутствует ли им сенсорная депривация или ограничение сенсорного притока, создают однообразие и скуку — состояния, которые субъективно очень тягостны. У тех, кто попадает в такие условия, обычно наблюдается снижение мотивации и интереса не только к непосредственным задачам, но даже и к отдаленным целям. Предположительно появляется тенденция к личностной ориентации. Возникает ощущение снижения работоспособности и познавательной активности. Правда, на Земле, в частности, при проведении в Советском Союзе годового эксперимента, имитирующего условия длительного космического рейса, наблюдалось

сохранение достаточно высокого уровня физической и умственной деятельности космонавтов. Нарушение сна и десинхронизация ритма сон—бодрствование и других ритмов, а также плохая адаптация к новым режимам смены сна, деятельности и отдыха отмечались и во время кратковременных космических полетов.

Бессонница или плохой сон могут оказать существенное влияние на те виды деятельности, которые зависят от кратковременной памяти, бдительности, на способность к вычислительным операциям и принятию решений; способность к логическому анализу меньше страдает при нарушении сна. Изоляция и пребывание в ограниченном пространстве сами по себе не оказывают влияния на длительную операторскую деятельность в ритме, заданном процессом работы; нарушение сна, напротив, сильно на нее влияет. Создается впечатление, что оптимальное распределение времени сна, работы и отдыха будет иметь весьма важное значение во время длительных пилотируемых космических полетов.

Мы еще, к сожалению, не располагаем объективными методами точной оценки эффективности деятельности космонавтов, степени их утомляемости, уровня работоспособности, особенно высших проявлений деятельности.

Эффективное использование космического корабля и его систем (в том числе аппаратуры научно-исследовательского комплекса), обеспечение необходимого уровня работоспособности космонавтов и достижение максимальной безопасности полетов в космическом пространстве может быть достигнуто наряду с применением других методов также с помощью следующих эргономических методов:

при конструировании: рациональное разделение функций между оператором (операторами), машиной и средой; создание кабины корабля (рабочего отсека, исследовательской лаборатории, зон отдыха и сна — бытового отсека) как единого поста управления и обитания путем обеспечения ряда совместимостей оператора, машины и среды — информационной, энергетической, биотехнической, пространственно-антропометрической, технико-эстетической и внутриэкипажной;

при подготовке: профессиональный отбор, подготовка, разработка и использование эргономических категорий при создании и применении обучающей аппаратуры;

в условиях применения: выбор и использование оптимальных вариантов взаимодействия оператора с машиной и использования наиболее эффективных алгоритмов рабочей деятельности космонавтов-операторов как в нормальных (штатных), так и в стрессовых и возможных аварийных ситуациях.

В процессе принятия решений в системе «оператор — машина — среда» существует по меньшей мере два или большее количество возможных вариантов действий, причем каждый из них имеет два или больше возможных исходов. В связи с этим возникают два вопроса. Первый из них связан с вероятностями, относящимися к различным возможным исходам, второй — с успехом этих исходов, т. е. с тем, в какой части шкалы от высокожелаемого (+1) до неприемлемого (—1) располагается каждый исход.

В теории решений существует так называемая матрица платежа, которая определяет достигаемые цели и затраты средств на их достижение для выбора любого возможного варианта в случаях как правильного, так и неправильного решения. Умножение выигрыша на вероятность дает ожидаемый полезный эффект и формирует основу для выбора оптимального решения. На практике (в полете) возможны ситуации сложные и двусмысленные, а информация, на которой должен базироваться выбор для принятия того или иного решения, нередко является неполной, противоречивой или ненадежной. Но человек в основном правильно оценивает обстановку в сложных ситуациях и принимает правильные решения. Безусловно, опыт, тренировки, интуиция, здравый смысл подкрепляют правильность выбора решений в этих условиях. Здесь играет роль отбор космонавтов, их обучение, удачи конструкторов, создающих космическую технику.

Общей, генеральной линией исследований в области систем «человек—автомат», «человек—машина» применительно к условиям космического полета является линия всестороннего обеспечения высокой надежности и эффективности компромиссной эргатической системы с оптимальными выходными характеристиками, наилучшего функционирования систем и их звеньев в экстремальных условиях полета, повышение показателей систем и обеспечение значительного улучшения деятельности главного решающего ее «звена» — ЧЕЛОВЕКА.

ГЛАВА 5

СОВМЕСТИМОСТЬ ОПЕРАТОРА, МАШИНЫ И СРЕДЫ НА КОСМИЧЕСКОМ КОРАБЛЕ

Иногда считают, что конструкторы кораблей в первые годы космической эры главное внимание уделяли лишь сугубо техническим вопросам создания ракет-носителей, самого космического корабля, систем управления, и якобы меньше внимания уделяли учету так называемого «человеческого фактора», не заботились об обеспечении комфортных условий для космонавта; по их мнению, эта работа зачастую носила лишь случайный и второстепенный характер. Короче говоря, они шли как бы «от машины к человеку». Особенно четко об этом говорится в работах психологов, которые выдвигают перед конструкторами порой явно невыполнимые требования (по «максимуму» или по «минимуму»). И предлагают при создании человеко-машинных систем, подобных космическим, идти от «человека к машине». Но правы ли они, во-первых, обвиняя во всех грехах конструкторов или, во-вторых, навязывая другое крайнее мнение — идти от человека к машине. Этот вопрос принципиальный и его следует разобрать подробнее.

Нам представляется (а это подтверждает весь опыт предшествующих конструкторских работ и в области космонавтики, и в авиации, и на морском флоте, и в других отраслях народного хозяйства), что неправомерны оба принципа; торжествовать и существовать, по нашему мнению, может и должен лишь третий принцип — «средний». Это принцип научно обоснованного компромисса между возможностями человека—оператора в реальных условиях его деятельности, достигнутым уровнем техники на период разработки систем с учетом выполнения целевой функции, поставленной заказчиком при создании эргатической системы, и необ-

ходимостью непременного учета экономических и временных возможностей (т. е. затрат средств и времени на создание и применение систем). Вот почему считается талантливым тот конструктор, которому удается обеспечить такой компромисс, удается «увязать» порой прямо противоположные требования.

Нет, настоящие конструкторы, как и психологи и другие специалисты не «против», а «за» человека! Нет, конструктор не забывает и о комфорте, и об оптимальных условиях жизни и деятельности космонавта!

Но конструктор (в отличие от психолога, который не учитывает все «за» и «против», а идет только «от человека») обязан (да это он и делает), должен обеспечить комплексный, системный подход к своему детищу. Чтобы создать космонавту просторный космический дом и вывести его на нужную орбиту, потребуются еще не созданные никем ракеты-носители. Как же быть?

При конструировании надо обеспечить разумный, научно обоснованный компромисс, при котором учитываются и возможности современного уровня техники и «ограничения» человека.

А вспомним, как на заре космической эры в процессе отбора в космонавты учитывался рост. Это ведь тоже пример компромисса!

При создании и применении систем нельзя исходить только из необходимого обеспечения комфортных, оптимальных условий для космонавта.

Если бы конструкторы только этого и добивались, то мы, наверное, и до сих пор «сидели» бы на Земле и смотрели на звезды, дожидаясь такого мага-конструктора, который бы обеспечил для космонавта максимальный комфорт. Конечно, если позволяет техника (современный уровень ее развития), то ни в коем случае от обеспечения комфорта отказываться нельзя! Но, наверное, не направляясь в космос (без максимального комфорта!) мы не можем полностью изучить условия жизни и деятельности космонавтов, реакцию их на внешние воздействия. Так что главная задача состоит не в обеспечении максимального комфорта для космонавта, а в создании оптимальных (по выходным характеристикам) эргатических систем «оператор—машина—среда» на космическом корабле, конечно, учитывая при этом возможности и ограничения человека, предусматривая по возможности все необходимые условия для нормальной

жизнедеятельности человека и его эффективной работы в космосе.

Пилотируемый (обитаемый) космический корабль представляет собой комплекс эргатических (человеко-машинных) систем «оператор—машина—среда», состоящих из самого корабля с его многочисленной «начинкой» («машина»), экипажа корабля («оператор») и «среды», которая окружает оператора, в которой проходит полет.

При создании такого эргатического комплекса конструктор должен обеспечить реализацию лежащего в его основе принципа — принципа гармоничности комплекса (и каждой эргатической системы в отдельности), который требует того, чтобы система была внутренне непротиворечива, и чтобы все ее компоненты были совместимы между собой, взаимно дополняли бы друг друга.

Это — основное правило при создании систем. Конструктор должен учесть располагаемые возможности и характеристики компонентов системы (эргономические свойства оператора, эргономические параметры среды, эргономические характеристики машины) и создать систему, которая будет иметь оптимальные выходные показатели и обеспечивать достижение той цели, ради которой и создается та или иная эргатическая система или весь эргатический комплекс в целом.

Во всех случаях необходимо стараться обеспечивать активную роль оператора в эргатической системе. Качество ее функционирования должно включать в себя такую категорию, как степень напряженности оператора, которая характеризует «цену», которую платит оператор для достижения системой конечной цели. Загрузка оператора работой в системе должна быть оптимальной.

Проблема создания оптимальных бортовых эргатических систем на основе научно обоснованного компромисса особенно важна в условиях разработки и применения кораблей для будущих длительных космических полетов.

Эргатическая система «оператор—машина—среда» применительно к космическим полетам представляет собой сочетание свойств, особенностей, характеристик, параметров, показателей экипажа, самого космического корабля и наземной системы обеспечения, включающей наземную команду, взаимодействующую с кораблем и экипажем.

Системы корабля обеспечивают экипаж необходимой информацией о функционировании; с рядом из них космонавты имеют и энергетическую связь. С одними из систем экипаж взаимодействует при управлении кораблем, с другими — при проведении научных экспериментов. Даже во время отдыха или выполнения физических упражнений экипаж часто взаимодействует с различным оборудованием станции (видеомагнитофоном, велоэргометром) и др.

Системы корабля обеспечивают жизнедеятельность членов экипажа, его защиту от вредных воздействий космического пространства и условий космического полета. В многоместных кораблях и станциях может рассматриваться такая категория, как внутриэлементная совместимость.

Состав экипажа зависит как от выполняемых функций, так и от ограничений, налагаемых условиями полета, мощностью ракет-носителей, современным уровнем технических решений, возможностями системы жизнеобеспечения, а также определяются разделением функций между экипажем и наземными службами. Следует правильно оценивать тот вполне очевидный факт, что в каждый данный момент времени на пути реализации той или иной идеи имеются технические ограничения. Эти ограничения скорее следует принимать реальными, чем рассматривать их возможные изменения. Во все времена уровень технического оснащения зависел и будет зависеть от научно-технического прогресса.

Оптимальность эргатической системы по выходному критерию может быть обеспечена за счет: подгонки характеристик машины под возможности оператора, отбора и подготовки операторов для работы с машиной, выбора оптимальных параметров «среды», выбора рациональных алгоритмов деятельности операторов; организации надлежащего функционирования группы эргатических систем в едином комплексе и др.

Космическая эргономика должна выдавать рекомендации для обоснования эргономических требований к системе ОМС, помогать на строго научной основе «поделить» функции между оператором (операторами), машиной и средой (определить рациональные уровни автоматизации систем) и обеспечить межэлементные и внутриэлементные совместимости.

Разделение функций между оператором, машиной и средой, обеспечение их совместимостей в системе, а также обоснование рациональных алгоритмов деятельности экипажа объединяются одним понятием — эргономическое проектирование. Оно должно вводиться и уже вводится наряду с техническим и художественным проектированием сложных бортовых систем космического корабля или станции.

При эргономическом проектировании, таким образом, будут учтены следующие факторы, влияющие на работу систем: фактор времени (как в полетной, так и предполетной и послеполетной фазах); «инженерные» факторы, связанные с кораблем, его системами, «ракетой-носителем», «внутренней средой»; «операционные» факторы — наземное обеспечение, контроль за полетом, команды и советы; «научные» факторы — эксперименты, проводимые во время полета, их подготовка и выполнение, медицинская помощь; взаимоотношения экипажа корабля с наземными командами и многое другое.

Таким образом, приспособление техники к специфическим условиям космического полета, в том числе к условиям невесомости, составляет одну из специфических проблем космической эргономики. Вследствие изменения механизма пространственного анализа, перестройки координации движений в невесомости и особенностей биомеханики человека в безопорном положении становятся необходимыми новые эргономические решения в оборудовании рабочих мест, оснащении их средствами фиксации и перемещения. Меняются также требования к приборному оборудованию, органам управления, рабочему инструментарию, компоновке интерьера. Однако даже при самом оптимальном решении технических проблем эффективность системы может существенно колебаться в зависимости от изменения функционального состояния человека. В связи с этим решение, казалось бы, чисто медицинской проблемы — сохранение здоровья, физического состояния и работоспособности человека в космическом полете — с позиций эргономического подхода становится одним из ведущих направлений оптимизации системы в целом.

А теперь хотя бы кратко рассмотрим вопросы, связанные с обеспечением указанных выше совместимостей оператора, машины и среды.

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

Для того чтобы оператор смог жить и работать, управляя машиной, ему необходимо с помощью технических средств и других методов создавать вполне определенную среду обитания.

Биотехническая совместимость оператора, машины и среды состоит в том, чтобы достичь разумного компромисса между физиологическим состоянием и работоспособностью оператора, с одной стороны, и различными факторами окружающей его среды (с учетом объема, качества выполняемых им задач и продолжительности работы), с другой. Здесь должны быть обоснованы и выбраны номинальные и предельные значения:

параметров микроклимата пространства обитания оператора — состав атмосферы, ее влажность, температура, скорость движения, общее давление атмосферы и парциальные давления составляющих ее компонентов, уровень радиации, ионный состав и др.;

параметров, сопутствующих условиям применения машины — вибрации, перегрузок, освещения, акустической среды (шум) и др.

Несмотря на то, что есть некоторые предельные значения величин этих параметров, их номинальные значения должны выбираться и проверяться исходя из конкретных функциональных задач, выполняемых оператором в определенных условиях.

Биотехническая совместимость обеспечивается благодаря множеству автоматов, обслуживающих экипаж. Автоматы различных «степеней» и «рангов» обновляют атмосферу герметичных кабин, поддерживают определенный уровень атмосферного давления, регулируют температуру, создавая условия для работы экипажа, близкие к комфортным, создают нужный аэроионный режим, контролируют физиологические функции человека и «сообщают» на Землю по системам телеметрии и биотелеметрии о «самочувствии» автоматов, сигнализируют о работоспособности людей, находящихся в полете.

Непосредственно в полете на корабле проводится ряд мероприятий, направленных на обеспечение высокой работоспособности оператора.

Высокая работоспособность достигается обеспечением определенного уровня биотехнической совместимости

оператора, машины и среды в процессе полета (применение различных технических средств, снижающих отрицательные воздействия длительной невесомости), использованием методов физической тренировки, применением фармакологических средств, а также путем использования бортовых специализированных, функциональных и комплексных тренажеров, на которых оператор как бы восполняет «угасающие» за время длительного полета свои профессиональные навыки.

Для того чтобы жить и работать в космическом пространстве, человек должен быть защищен от неблагоприятного воздействия факторов космического полета. Но это условие далеко не единственное. Человеку необходимо еще есть и пить, дышать и освобождаться от различных отходов, ему необходимо также соблюдать гигиенический режим.

Так, например, считается, что человек потребляет в сутки в среднем 1 кг кислорода, 2,5 л воды и 2 кг пищи, что составляет 5,5 кг. Казалось бы немного, но не будем спешить с выводами. Десятисуточный полет дает уже цифру 55 кг, месячный — 165 кг. Это для одного человека, а экипаж из трех космонавтов соответственно будет потреблять уже 16,5 кг за сутки, 165 кг — за десять суток и 495 кг — за месяц.

Если же речь пойдет о более долговременных полетах, то цифры соответственно будут расти. Для примера скажем, что экипажу из трех космонавтов необходим годовой запас кислорода, воды и пищи в количестве около 6 тонн. Значит, для вывода на околоземную орбиту только этих продуктов необходима мощная ракета, такая, как та, что выводит в космос корабли «Союз».

Обеспечение жизнедеятельности человека в космическом пространстве и защита его от неблагоприятных факторов полета осуществляется благодаря использованию на космических кораблях герметичных кабин с регенерируемой атмосферой. Кабина оборудуется системой жизнеобеспечения (СЖО) для создания и поддержания определенных значений параметров газовой среды (давления), температуры, влажности, скорости движения и химического состава, удовлетворяющего потребностям экипажа в кислороде, пище и воде, а также удаления отходов жизнедеятельности и обеспечения санитарно-бытовых условий жизни человека (рис. 12). Кабина оборудуется противометеорной защитой, систе-

мой терморегулирования. СЖО могут быть трех типов: замкнутого, полузамкнутого и разомкнутого. Разомкнутые СЖО содержат запасы кислорода, пищи, воды; отходы жизнедеятельности складируются, а газообразные продукты — поглощаются фильтрами. Полузамкнутые СЖО в отличие от разомкнутых обеспечивают частичную регенерацию расходуемых запасов СЖО. В замкнутых СЖО осуществляется круговорот расходуемых элементов (с воспроизводством пищевых продуктов на борту, регенерацией воды, кислорода, утилизацией отходов жизнедеятельности).

Типовая СЖО, как правило, состоит из четырех подсистем обеспечения газового состава, обеспечения пищей, обеспечения водой, санитарно-бытового обеспечения.

Кратковременные космические полеты осуществляются с использованием взятых с Земли запасов. В условиях длительного космического полета предполагается использовать биотехническую СЖО из семи звеньев (человек, растения, животные, пища, утилизация с химической коррекцией питательных растворов для растений и животных, физико-химическая коррекция и регенерация воды). В зависимости от задачи и трассы полета возможно использование и вариантов схем биотехнической системы для животных с увеличением некоторых запасов и т. п.

Следует полагать, что на космических кораблях будущего должны использоваться достаточно сложные системы жизнеобеспечения, в функционировании которых (управление, настройка, контроль) наряду с автоматическими устройствами большую роль будет играть космонавт-оператор.

При длительных космических экспедициях человеку в среднем требуется 2—2,5 л воды для питья и приготовления пищи. Если же учесть санитарно-гигиенические требования, то потребность в воде надо увеличить до 7,5 л. Простые арифметические подсчеты показывают, что многомесячные полеты потребуют запасать тонны воды. Причем ее надо где-то хранить, не допуская порчи. Да и отработанную жидкость следует держать на борту или же через систему шлюзования выбрасывать в открытый космос. Но если для кратковременных полетов еще можно запастись водой с Земли, то для дальних экспедиций уже необходима система регенерации, спо-

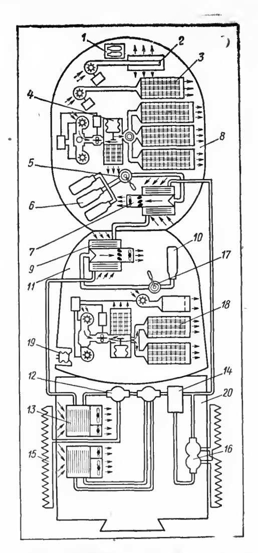


Рис. 12. Система жизнеобеспечения космонавтов на космическом корабле «Союз»:

1 — подогреватель пищи в тубах; *2* — автономный поглотитель углекислого газа; *3* — регенерационная установка III; *4* — регенерационная установка II; *5* — ручной насос; *6* — сборник конденсата; *7* и *9* — холодильно-сушильные агрегаты; *8* — орбитальный отсек; *10* — сборник конденсата; *11* — спускаемый аппарат; *12* — жидкостно-жидкостный теплообменник; *13* — газо-жидкостный теплообменник; *14* — регулятор расхода жидкости; *15* — радиационный теплообменник; *16* — секционный жидкостно-жидкостный теплообменник; *17* — ручной насос; *18* — регенерационная установка; *19* — блок регулирования давления; *20* — приборный отсек

собная очищать конденсат атмосферной влаги гермокабины, извлекать воду из жидких отходов и доводить ее до питьевых кондиций. Для регенерации воды специалисты предложили и разработали космическую «технологию без отходов». Конденсат атмосферной влаги гермокабины очищают с использованием сорбентов (ионообменных смол и активированных углей). Причем на один литр жидкости их требуется всего несколько граммов. Эти сорбенты не только удаляют все примеси, но и гарантируют от появления возможного неприятного запаха. Аналогичной обработке можно подвергнуть и санитарно-гигиеническую воду, через систему фильтров удаляя из нее основную массу взвесей. Для получения чистой воды из отходов было предложено и опробовано много методов. Пробовали выпаривать или просто испарять благу в воздушный поток с последующей конденсацией (при нормальном давлении и в вакууме). Рассмотрены и рецепты приготовления дистллята, который затем доводят до питьевых кондиций добавляя в него микроэлементы. На борту станции «Салют-4» впервые в мировой практике использовалась экспериментальная система регенерации воды из конденсата атмосферной влаги. И теперь космонавты на орбите пользуются не только питьевой водой, запасенной в контейнерах, но и полученной из конденсата на борту.

На некоторых этапах полета (или в некоторые периоды времени) космонавты должны быть одеты в защитные скафандры.

Для работы в открытом космосе, для жизнеобеспечения экипажа в аварийных ситуациях, которые не исключены в условиях полета, космонавтам необходимы надежные и удобные скафандры (рис. 13).

Что же представляет собой космический скафандр?

Скафандр — миниатюрная гибкая кабина, стенки которой максимально приближены к телу космонавта, обладает в то же время и всеми основными свойствами одежды.

Скафандр включает многослойный герметичный костюм, выполненный в виде комбинезона с герметичным шлемом, перчатками и обувью.

Скафандр состоит из нескольких слоев, каждый из которых имеет определенную служебную функцию, защищая космонавта от опасных воздействий открытого космоса. Один из слоев — герметичная оболочка.

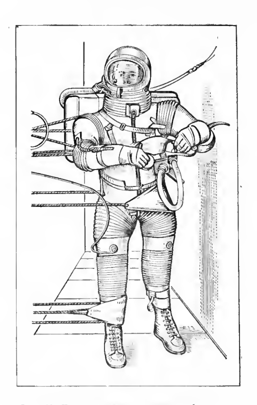


Рис. 13. Человек в космическом скафандре

Она обеспечивает сохранение атмосферы в скафандре, препятствуя утечке газа в окружающую среду. Повреждение герметичной оболочки в окрытом космосе ведет к гибели космонавта. Поэтому «живучести» герметичной оболочки уделяют особое внимание. В космических скафандрах обычно используют две герметичные оболочки, одна из которых находится «в резерве» и автоматически вступает в действие при повреждении основной оболочки. Нагрузку от внутреннего давления атмосферы, передаваемую через герметичную оболочку, воспринимает «силовой слой». Кроме того, специальные шарниры обеспечивают подвижность рук и ног космонавта. При отсутствии шарниров человек в скафандре почти не мог бы двигаться, так как внутреннее давле-

ние стремится придать мягким оболочкам конечностей форму цилиндров.

Шарниры установлены в области плечевых, локтевых, кистевых, тазобедренных, коленных и голеностопных суставов. Перчатки скафандра также имеют несколько миниатюрных шарниров на каждом пальце.

Конструкция силовой оболочки определяет форму и размер костюма скафандра, препятствует ее «раздуванию» под действием внутреннего атмосферного давления. Для обеспечения индивидуальной подгонки скафандра по фигуре космонавта силовая оболочка мягких скафандров обычно снабжена тросовой или шнуровой системой подтяга и регулировочными элементами на конечностях.

Несколько слоев тончайшей металлизированной пленки, поверх которых расположена плотная белая ткань с отражающими свойствами, создают надежную тепловую защиту космонавта, находящегося в открытом космосе, от перегрева солнечными лучами и от переохлаждения в тени Земли или корабля. Внешние слои, кроме того, защищают герметичную и силовую оболочки от повреждений острыми предметами и микрометеорными частицами.

Шлем скафандра включает герметичную каску, защищающую голову от повреждений при ударах и служащую для крепления смотрового остекления. В состав остекления входит прозрачное смотровое стекло, герметично соединенное с каской, и светофильтр, защищающий глаза и лицо космонавта от слепящего света, от воздействия тепловых и ультрафиолетовых лучей Солнца. Смотровое стекло должно обладать оптическими характеристиками, при которых исключается искажение видимых предметов, обеспечивается оценка их размеров и удаленность. Внутри шлема размещаются телефоны и микрофоны радиопереговорного устройства. Атмосферу скафандра составляют несколько десятков литров газа, заполняющего зазор между телом космонавта и герметичной оболочкой. Поддержание давления и газового состава атмосферы, регулирование температуры атмосферы и некоторые другие функции выполняет автономная ранцевая система жизнеобеспечения, которая непрерывно подает в скафандр кислород из размещенных в ранце баллонов. Часть этого кислорода поглощает космонавт, а остальная обтекает его тело,

насыщается углекислым газом и влагой, нагревается и затем выбрасывается из скафандра в космос. Система такого типа была применена при выходе в космос отдельных космонавтов. Эта система проста и удобна, но пригодна только для кратковременного пребывания в космосе из-за большого расхода кислорода.

Для выхода космонавта в космос на станции «Салют-6» впервые в практике космических полетов использовались скафандры усовершенствованной конструкции, относящиеся к категории полужесткого типа (рис. 14).

Такой скафандр имеет жесткий металлический корпус — кирасу, составляющую единое целое со шлемом и ранцевой системой жизнеобеспечения. Рукава и брюки его мягкие.

На рисунке показан штатный полужесткий скафандр станции «Салют-6» со снятой верхней теплоизолирующей оболочкой. Остекление шлема достаточно большой площади обеспечивает хороший обзор. Для защиты глаз и лица космонавта от солнечного излучения имеется сдвижной светофильтр. На передней части кирасы размещены пульт с органами управления агрегатами системы жизнеобеспечения и приборами контроля и сигнализации, регулятор выбора рабочего давления в скафандре, объединенный разъем пневмо- и гидрокоммуникаций для подключения скафандра к бортовым системам станции при подготовке к выходу, кран включения резервного запаса и аварийной подачи кислорода.

Автономная система обеспечения жизнедеятельности помещена в наспинной части скафандра, являющейся одновременно крышкой входного люка. Крышка герметически закрывается с помощью рукоятки, фиксируемой в закрытом положении замком. Необходимая подвижность плечевого, локтевого и других суставов конечностей космонавта, находящегося в скафандре под избыточным давлением, обеспечивается с помощью гермоподшипников и мягких шарниров.

Скафандр достаточно универсален — он подходит космонавтам различного роста. Для жесткого корпуса скафандра некоторое изменение зазоров между телом и оболочкой не играет существенной роли, а длину эластичных оболочек конечностей космонавты сами регулируют в соответствии со своим ростом. Индивидуально для

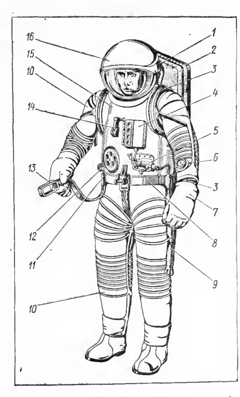


Рис. 14. Скафандр космонавта орбитальной станции «Салют-6» (без теплоизолирующей оболочки):
1 — гермошлем; *2* — автономная система жизнеобеспечения; *3* — гермоподшипник; *4*—пульт управления и контроля; *5* — регулятор режимов давления в скафандре; *6* — индикатор давления в скафандре; *7*—съемная перчатка; *8* — силовой шпангоут; *9* — разъем электрокабеля; *10* — мягкая часть скафандра; *11* — объединенный разъем пнеамогидрокоммуникаций; *12* — ручка для закрытия входного люка скафандра; *13* — карабин страхоаочного фала; *14* — клапан аключения резервного запаса кислорода; *15*—жесткий корпус скафандра; *16*— саетофильтр

каждого космонавта подбираются только съемные перчатки.

И наконец, еще одно важное достоинство нового скафандра. В рабочем состоянии (под давлением) по своим габаритным размерам он меньше мягкого скафандра в надутом состоянии с надетым ранцем.

Защита человека, конструкции и оборудования скафандра от перегрева в открытом космосе достигается за счет внешней защитной оболочки, имеющей несколько слоев экранно-вакуумной теплоизоляции. Эту оболочку можно сравнить с многослойным термосом. Теплоизоляция предохраняет космонавта и от переохлаждения при нахождении в тени (когда нет внешнего притока тепла).

Космонавт может изменять величину теплосъема, регулируя количество воды, проходящей через теплообменник. Это дает ему возможность во время работы в

открытом космосе поддерживать нормальные тепловые условия при любом уровне физической нагрузки.

Длительное пребывание в состоянии невесомости может повлечь за собой неприятные последствия. Организм человека постепенно приспосабливается к условиям невесомости, у него начинает «отбрасываться» все лишнее, т. е. то, что нам на Земле дает возможность сопротивляться притяжению Земли и позволяет передвигаться, стоять, лежать, даже не замечать этого притяжения. А притяжение-то существует. И вот в невесомости организм перестраивается, уменьшается его мышечная масса, потому что человеку не надо столько двигаться, уменьшается плотность костной ткани, потому что нагрузки на опорный аппарат уже нет, изменяется система регуляции сердечной деятельности, потому что сердцу приходится перекачивать «невесомую» кровь и т. д.

Основная причина изменения функционального состояния организма космонавта в полете, бесспорно, — невесомость, хотя следует иметь в виду, что и такие факторы, как изоляция, неудачно спланированная деятельность, гигиенические ограничения, психологическая напряженность, отклонения от нормативов отдельных параметров микроклимата тоже могут способствовать ухудшению состояния здоровья космонавтов. Человеческий организм «сконструирован» природой, и его невозможно «переконструировать» таким образом, чтобы невесомость стала для него безразличной, как это делается при решении технических проблем. Однако будучи самонастраивающейся системой, живой организм сам стремится приспособиться к функционированию в необычной среде, перейти на новый, устойчивый уровень саморегуляции. Этот процесс, именуемый адаптацией, занимает определенное время на начальной фазе полета, и до тех пор, пока он не завершится, нельзя рассчитывать на высокие показатели работоспособности космонавтов.

Исследователи отмечают, что процесс адаптации организма человека к условиям длительной невесомости можно разделить на три фазы: 1) период частичной адаптации 1—3 суток; 2) период относительно устойчивой адаптации 4—5 суток; 3) период устойчивой адаптации 7—12 суток. По прошествии третьей фазы космонавты выполняют любые операции по управлению

кораблем и его системами так же точно, как и в обычных условиях иа Земле.

В длительиом полете гипокинезия, а в большей мере невесомость, как установили учеиые совместио с космонавтами, не безразличны для человека: в результате их совместного воздействия повышается степеиь деминерализации (декальцинации) костной ткаии людей, резко измеияется прочность костей. Это очень обеспокоило специалистов и космонавтов, и как известно из литературы, уже создаиы объективные методы оценки деминерализации костиой ткани уже в ходе самого космического полета. При этом методе используется прибор, состоящий из малогабаритного источника рентгеновского излучения и сцинтилляциониого счетчика. Источник излучения и счетчик располагаются по обе стороны от исследуемого участка ткани. Содержание кальция в ткани (с точностью до 2%) определяется по поглощеиию тканью рентгеновского излучения. В принципе для этих целей может быть использован и ультразвук. Почему происходит декальцинация?

В иевесомости организм космонавта обезвоживается и вместе с водой выделяется кальций, а без него кости стаиовятся хрупкими.

Специалисты сначала ие предвидели того, что у человека в полете будет ослабление костей скелета, потеря их прочиости, хотя медики превосходно знали, что под действием физической иагрузки само строеиие костей человека меняется. Например, у спортсмеиов-штангистов обязательио увеличивается поперечное сечеиие костей, а у балерии стаиовятся толще нак изазываемые плюсневые кости.

Избежать в какой-то мере вредного воздействия гипокинезии можно благодаря использоваиию специальиых бортовых средств, таких как эспандер, велоэргометр, «бегущая» дорожка и др.

Исследоваиие их набора и характеристик дают возможность учеиым выработать обоснованные рекомендации создателям космических кораблей и самим космонавтам.

Велоэргометр служит для тренировки сердечно-сосудистой системы. Выполняя на велоэргометре упражиеиия через определенные промежутки времени, космонавт предотвращает застой крови.

На «Салютах» экипажи поддерживают свою «спортивную» форму и в какой-то мере компенсируют отрицательное воздействие невесомости и обездвиженности не только на велоэргометре, но и с помощью бегущей дорожки, нагрузочных костюмов, различных физических упражнений с эспандером и др.

Необходимо иметь в виду, что в полете в первые 1,5—2 часа после еды в условиях невесомости нельзя заниматься физическими упражнениями на бегущей дорожке. Пища, которая находится еще в желудке, мешает, подступает к горлу. В общем — очень неприятное ощущение. Поэтому космонавты занимаются физкультурой до еды.

В одном из телевизионных сеансов связи мы видели «Памира-1» — Владимира Джанибекова, опутанного проводами от различных датчиков и недвижно застывшего в костюме «чибис». Это своеобразные «брюки» со штанинами в виде гармошки. Они надеваются на нижнюю половину тела, герметизируются, и в них создается пониженное давление. Благодаря этому кровь из верхней половины тела как бы выжимается в нижнюю, и этим на определенное время имитируются условия земной тяжести. Ведь на Земле, говоря упрощенно, сердце в основном занято тем, что гонит кровь вверх, к голове, так как вниз, к ногам, кровь течет за счет собственной тяжести. Сравнение картины распределения крови космонавта при обычном пребывании в условиях невесомости и при создании уменьшенного давления в нижней половине тела дает медикам возможность судить, как проходит процесс адаптации, какие изменения он вызывает в сердечно-сосудистой системе.

Лишенный веса, организм космонавта испытывает недостаток тяжести, недостаток веса. Костюм «пингвин» дает возможность как бы нагрузить костно-мышечный аппарат искусственным весом. Костюм с помощью сложной системы амортизаторов создает нагрузку на опорно-мышечный аппарат, на голени, бедра, мышцы туловища, нижние конечности.

Искусственная нагрузка помогает предохранить кости от потерь кальция, которая происходит, когда человек длительное время находится в невесомости. Она дает возможность постоянно поддерживать мышечный «тонус».

В настоящее время многие исследователи считают,

что создание на космическом корабле искусственной силы тяжести при длительных космических полетах является наиболее эффективным и радикальным средством против неблагоприятного воздействия невесомости. На это еще в 1903 г. указывал К. Э. Циолковский. Однако вопрос об оптимальной величине ее до сих пор остается открытым.

В печати указывается, что создание на космическом корабле искусственной силы тяжести в пределах 0,14—0,18 от земной величины обеспечит сохранение работоспособности человека при достаточной нормализации основных физиологических функций организма. Однако этот вопрос подлежит дальнейшим исследованиям с учетом воздействия на организм человека ускорений Кориолиса, которые могут возникать при перемещении человека во вращающемся для создания искусственной силы тяжести космическом корабле и требует решения целого ряда технических проблем.

Освещение кабины также представляет собой определенную проблему из-за сильных колебаний уровня освещенности, свойственных космическому пространству, ограниченности электрической энергии на корабле и из-за ряда других причин. Решение этой проблемы имеет большое значение для сохранения нормальных условий жизнедеятельности на борту.

И здесь необходим разумный компромисс между желательным и достижимом.

Коротко рассмотрим воздействие шума на человека. При большом шуме человек чувствует себя плохо; не лучше его состояние и при абсолютной тишине. И здесь надо найти компромисс — золотую середину.

Главными источниками шума на борту являются коммутационная аппаратура, вентиляторы, двигатели ориентации, электродвигатели в различных системах. Следует заметить, что сильный и продолжительный шум не менее вреден, чем отсутствие (или низкий уровень) шума и монотонные звуки. Таким образом, стоит задача создания определенного «шумового» климата в кабине.

Это может быть достигнуто использованием специальных малошумящих двигателей, электронных коммутаторов, применением специальной звукоизоляции в местах отдыха экипажа.

Изучение шумов позволяет предположить, что результаты воздействия шума на работоспособность зависят от трудности поставленных задач, требующих точного исполнения. Советские исследователи пришли к выводу, что для различных зон внутри корабля должны быть установлены не одинаковые уровни шума с таким расчетом, чтобы в «тихих зонах» шум не превышал 40 дБ.

Исследователи считают, что постоянный звуковой фон интенсивностью до 60—65 дБ может быть допущен для пилотируемых космических кораблей, например отправляющихся в рейс длительностью до двух месяцев.

Отмечено, что систематическое воздействие сильных шумов вызывает изменение не только нервных клеток, воспринимающих звук, но и функционального и психического состояния центральной нервной системы, что ведет к ослаблению приспособительной реакции человека к постоянно меняющимся условиям внешней среды, губительно отражается на его самочувствии, иногда вызывая раздражение, усталость, а в особых случаях и смерть. Например, в литературе описаны фактические случаи существования в средние века казни «под колоколом». Осужденного помещали под колокол, и шум колокольного звона медленно его убивал.

По мнению некоторых ученых, шум является причиной преждевременного старения человека. Например, австрийский ученый Гриффит считает, что в 30 случаях из 100 шум сокращает жизнь человека в шумных городах на 8—12 лет.

Для организма опасны и инфразвуки. Например, группа шведских ученых пришла к выводу, что неулавливаемые человеческим ухом инфразвуки являются серьезным источником стрессов, вызывают у людей депрессию, торможение реакции и тошноту. В ходе исследований были выявлены источники инфразвуков. Это — вентиляторы, компрессоры, дизельные и реактивные двигатели и т. д.

А вот еще один пример. Психологи Нью-Гемпширского университета (США) провели серию опытов, чтобы установить влияние шума на психику человека. Вот один из них. В комнате, где присутствует большая группа людей, не ведающих об эксперименте, человек, несущий на руках стопку книг, неожиданно роняет их.

Оказалось, что при уровне шума в 48 дБ вызвались помочь собрать книги почти три четверти присутствующих; при 85 дБ такую любезность проявила лишь одна треть присутствующих.

Идея гашения одного шума другим в принципе не нова. Но специалистам из Саутгемптонского университета впервые удалось осуществить ее «в металле». Разработанное ими устройство состоит из миниатюрного (диаметром около одного сантиметра) микрофона, который помещается в самом наушнике и улавливает все звуки, идущие по радиоканалу. Специальная электронная система изменяет фазу шумовых колебаний на противоположную и подает их вновь в канал радиосвязи, где они взаимоуничтожаются. А голос при этом, наоборот, усиливается. Как показали испытания, эффективность такой системы в двадцать раз выше, чем у простых звукоизолирующих наушников.

Противометеорная защита на космическом аппарате (корабле, станции) применяется в качестве средств для уменьшения вероятности пробоя герметичной оболочки аппарата метеорными частицами.

Противометеорная защита особенно необходима при большой длительности полета, при больших размерах корабля и при попадании его в интенсивные метеорные потоки.

Считается, что наиболее эффективное средство противометеорной защиты для кораблей, предназначенных для дальних космических полетов, — установка тонких металлических экранов на некотором расстоянии от герметичной оболочки корабля. При попадании метеорной частицы в экран она дробится и теряет кинетическую энергию. К противометеорной защите относятся также разделение кабины корабля на отдельные отсеки, секционирование жидкостного радиатора-излучателя (например, для ядерной энергетической установки), создание систем отыскания и заделки пробоин и др.

Если исходить из имеющихся у специалистов данных о количестве метеоров в космическом пространстве, то можно считать, что вероятность пробоя обшивки корабля метеором невелика.

На всех орбитальных станциях типа «Салют» установлена аппаратура микрометеорного контроля (ММК). Это панели, исполняющие роль датчиков. Общая площадь их — четыре квадратных метра. Вначале основным

средством изучения метеоров были датчики акустического типа. Удар частицы регистрировался по силе звука, колебания. Затем появились датчики конденсаторные. Они фиксируют не только удар, но и проникающую способность метеора. В них две тонкие металлические обкладки, изолированные слоем диэлектрика (лавсана), на обкладки подается постоянное напряжение. В этом случае, если высокоскоростная частица пробивает лицевой слой металла, возникает ионизация: из металла, диэлектрика и самой частицы образуется плазма, и на очень короткое время (доли микросекунды) происходит замыкание обкладок, что регистрируется электронным устройством. (Отмечен случай, когда панели одного из американских спутников «Пегас» с алюминиевой прокладкой толщиной полмиллиметра были пробиты метеорами).

Металлический корпус станции «Салют» сам по себе является весьма надежной защитой от пробоя микрометеорами. Для дополнительной защиты используется экранно-вакуумная тепловая изоляция — металлизированный многослойный лавсан. Если в космосе два тела встречаются с относительной скоростью больше четырех километров в секунду, то частица не пронизывает поверхность, а взрывается, коснувшись ее. И следующий слой принимает уже осколки взрыва. И так далее. Нужен очень крупный осколок вещества, чтобы пробить надежно защищенный корпус.

В крайнем же случае, когда пробой все же произойдет, то, как показывают теоретические расчеты, при образовании отверстия размером 2,3 мм^2 запаса воздуха на станции хватит на сутки, пробоина 6,5 мм^2 оставляет в резерве девять часов, щель 40 мм^2 — полтора часа. За это время космонавты могут перейти в корабль «Союз».

За время с 26 мая по 3 июня 1975 года, например, в панели ММК станции «Салют-4» попало около 50 метеорных частиц, масса которых измеряется миллионными долями миллиграмма. Как видно, не так уж много, да и то они в состоянии пробить лишь тонкую фольгу конденсаторного датчика. Корпус же станции, обернутый особой экранно-вакуумной термоизоляцией, служит непреодолимой преградой для частиц, энергия которых во много тысяч раз больше, чем у тех, что регистрируют бортовые приборы.

Потоки космических частиц высокой энергии могут явиться еще одним возможным препятствием для длительных полетов вне пределов земной магнитосферы. Существует гипотеза, что эти частицы оказывают кумулятивное действие на неделящиеся клетки, в частности на клетки центральной нервной системы. Изучение этих эффектов еще только началось.

Продолжительность космического полета, траектории кораблей и другие параметры определяют подходы к оценке радиационной обстановки и соответственно радиационной опасности для экипажей, выполняющих полет.

Радиационная опасность создается следующими источниками ионизирующей радиации, существующими в космосе: галактическим космическим излучением, солнечными вспышками, радиационными поясами Земли. Радиационная опасность может создаваться также бортовыми изотопными излучателями и другими источниками и устройствами, используемыми в полете. Радиационную опасность представляют также испытания атомного и ядерного оружий в атмосфере и космическом пространстве. Некоторые виды корпускулярной радиации захватывает геомагнитное поле, создавая области повышенной радиации (так называемые искусственные радиационные пояса Земли), сохраняющиеся в течение нескольких лет.

При длительных полетах по межпланетным трассам необходимо будет учитывать влияние радиации не только на экипаж, но и на такие элементы системы жизнеобеспечения, как, например, растения.

Воздействие радиации на живые организмы в условиях космического полета усугубляется влиянием на них множества непривычных факторов внешней среды — изоляции, невесомости, вибрации, ускорения, гипокинезии, биоритмов, индивидуальной радиочувствительности и др.

Ученые и специалисты совместно с космонавтами проводят большой комплекс работ по определению влияния радиации на живой организм, а также по разработке средств защиты. Исследуются возможности использования противорадиационных убежищ на корабле, создание электромагнитной и электростатической защиты, частичное экранирование критических органов и систем организма. Следует также иметь в виду воз-

можность защиты экипажа от космического излучения путем использования в качестве защитных экранов запасов топлива и продовольствия, оборудования и различной аппаратуры, находящихся на борту корабля.

Рекомендуются также средства фармакологической защиты. Однако к этим препаратам предъявляются новые требования. Они должны быть эффективными при воздействии на организм различных видов радиации с малой мощностью дозы, отличаться малой токсичностью даже при повторных приемах за короткий период времени и не снижать общей реактивности организма.

Для обеспечения радиационной безопасности космического полета предусматривается также разработка и применение бортовых и индивидуальных средств дозиметрического контроля, постоянный контроль за радиационной обстановкой в космосе и ее прогноз, особенно прогноз солнечной активности, а также разработка критериев и методов оценки степени лучевого поражения непосредственно на борту корабля. Выбранные критерии должны отличаться высокой достоверностью и с максимальной полнотой характеризовать состояние космонавта. Целесообразно предусмотреть в радиобиологическом плане обработку и сопоставление всей медицинской информации, получаемой с космического корабля.

По расчетам зарубежных ученых, для обеспечения в космосе защиты экипажа от радиационной опасности во время солнечных хромосферных вспышек с протонным излучением потребуется слой воды толщиной 10 м или свинцовый экран толщиной около 1 м. Это вряд ли можно реализовать на космических кораблях. Поэтому защита космонавтов от радиации в настоящее время при наличии подобных вспышек будет сводиться в основном к немедленному прекращению полета.

При разработке новых способов защиты целесообразно рассмотреть возможности экранирования с помощью сверхпроводящих магнитов, что позволит существенно снизить массу защитных устройств и тем самым увеличить полезную нагрузку космических аппаратов, предназначенных для длительных полетов.

В этом разделе мы попытались поставить весьма сложный для практики конструирования и использова-

ния в полете вопрос обеспечения биотехнической совместимости оператора, машины и среды на космических кораблях. Мы видим, что эргономика еще не имеет в своем арсенале конкретных количественных мер этой совместимости, не всегда еще возможно точно определить допустимый уровень этой совместимости. Так, что для ученых и специалистов-практиков в этой области огромное поле деятельности.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

В сложной эргатической системе оператор управляет не непосредственно самой машиной, а, как говорят эргономисты, опосредственно, через ее информационную модель —«зеркало» машины. По этой модели оператор воссоздает «образ» машины, ее состояние в каждый момент времени, она обеспечивает вмешательство в работу машины для приведения ее в требуемое состояние. Информационная модель объединяет два «поля» — сенсорное (чувственное), состоящее из гаммы сигнальных устройств, приборов, индикаторов, мнемосхем, звуковых сигналов, цветовых устройств, экранов и т. д., и сенсомоторное, состоящее из органов управления (рычагов, ручек, кнопок, выключателей, переключателей и др.). Часть информации, включенная в информационную модель, поступает к оператору непосредственно от машины, минуя систему отображения (например, шумы, вибрация, запах и т. д.).

Задача специалистов состоит в том, чтобы создать такую информационную модель, адекватную машине, которая бы соответствовала возможностям оператора по приему и переработке всего потока закодированной информации и эффективному приложению управляющих воздействий к машине. В информационной модели должны содержаться лишь те свойства, отношения, связи, взаимодействия систем, которые существенны для контроля и управления. Это задача большой сложности, и, пожалуй, именно она выдвигает эргономику на передний край науки.

При обеспечении информационной совместимости речь идет о характере и объеме информации, о выборе законов управления в контурах подсистем машин, введении командного (директорного) управления, о скорости выдачи информации машиной, соизмеримой

с возможностями оператора, о типах информационных устройств и модальности сигналов (к какому анализатору оператора они адресуются), о виде, форме, цвете, распределении органов управления между конечностями оператора, вовлеченными в управление, и многое другое.

В первую очередь при создании информационной модели следует определить, какие параметры и в каком виде должны быть представлены в модели, чтобы у оператора воссоздавался динамический образ состояния (поведения) машины. Необходимо определить, какие коррекции и какими органами управления может и должен вносить оператор в работу машины, какие данные «сбрасывать» или запрашивать, какие программы вводить, как осуществлять информационный поиск и т. д.

Средства информации помогают человеку мысленно создать модель управляемого объекта, т. е. представить себе его положение в пространстве, судить о работе систем и агрегатов. Затем средствами управления человек воздействует на объект в соответствии с получаемой информацией. Очевидно, что для успешного выполнения этих обязанностей необходимо рационально организовать рабочее место оператора. А чтобы он мог довести навыки управления объектом до автоматизма, необходимо иметь тренажер, на котором в условиях, максимально приближенных к реальным, будет воспроизводиться вся эта многоконтурная система.

При создании систем корабля и разработке программ полетов необходимо четко определять: какую информацию и в каком виде представлять космонавту; что «запасать» на борту; что и когда передавать с борта на Землю; что передавать с Земли на корабль.

При управлении любой сложной системой в распоряжении оператора имеется система отображения информации (СОИ); часть информации об объекте (системе) он получает непосредственно от него (помимо СОИ); еще часть информации может поступать извне (из среды). Все это позволяет определить состояние того или иного управляемого объекта или системы, сохранить или изменить это состояние, т. е. позволяет управлять объектом (системой).

Сейчас, как правило, при изучении пропускной способности человека-оператора, связанной со скоростью

восприятия и обработки им информации, пользуются сведениями, получаемыми из теории информации. В этом случае «забывают», что модель теории информации была первоначально предложена для изучения пропускных характеристик систем связи, когда совсем не принимается во внимание семантика, содержательность, операторская значимость информации, что важно в системах, управление которыми осуществляет человек-оператор, который является приемником и переработчиком информации.

В теории связи оперируют лишь количеством информации. Единицей измерения информации является «бит». Одним битом информации определяется такое ее количество, которое уменьшает имеющуюся до получения сообщения неопределенность на половину. Таким образом, в ситуациях, где два события, по мнению приемника информации, являются равно вероятными, один бит информации позволяет ему выбрать одно или другое событие. С точки зрения теории связи два сообщения одинаковой «длины» (например, «родился мальчик» и «умер дедушка») равноценны. Но какими разными они являются для человека — получателя этих сообщений! Еще пример. Если получатель — человек, например, по радиоканалу получил сообщение на незнакомом для него языке, это сообщение ему по существу ничего не дает, его операторская значимость равна нулю, а может быть и есть отрицательная величина. А с точки зрения теории информации — тут все в порядке — специалист может подсчитать количество информации.

Короче говоря, в эргономике, при изучении эргатических систем главным является обычно не количество информации, не «длина» сообщения, а его смысл, его операторская значимость. К сожалению, эта категория в науке в достаточной мере все еще остается не исследованной, не разработанной. Специалисты здесь больше знаний получают из эксперимента.

В состав СОИ могут входить приборы, показывающие текущее значение параметров бортовых систем и положения корабля; приборы, индицирующие запасы расходуемых материалов, индикаторы состояния дублирующих систем; приборы навигационных систем, радиолокационных систем, системы энергоснабжения, системы жизнеобеспечения и др. Очень совершенны в

Таблица 5

Характеристики систем индикации и управления космических кораблей (количество компонентов оборудования)

Компоненты оборудования	Космический корабль							
	«Меркурий»	«Джемини»	«Аполлон»		Командный отсек корабля «Аполлон»	«Скайлэб»		
						орбитальный блок		
			командный отсек	лунный модуль		отсек причаливания	шлюзовой блок	главный рабочий отсек
Панели	3	7	28	12	26	31	58	74
Рабочие места	1	2	5	2	5	3	4	8
Органы управления в целом (*а*):	98	286	721	378	760	350	694	363
автоматы защиты сети	20(б)	107	264	160	256	19	307	214
Тумблерные переключатели:	56	123	326	144	372	239	326	88
клавишные и кнопочные переключатели	8	20	13	7	15	12	0	0
галетные многопозиционные вращающиеся переключатели	6	19	21	16	19	50	22	32
непрерывные вращающиеся переключатели	3	0	35	21	36	17	3	9
механические устройства	3	13	57	26	57	7	35	18
специальные устройства (*в*)	2	4	5	4	5	6	1	2
Индикационные элементы в целом (*а*):	45	68	131	144	152	222	323	116
приборы с круглыми шкалами	16	7	24	6	23	1	0	2
приборы с вертикальными шкалами	0	25	33	25	33	14	64	42
цифровые счетчики	3	14	18	13	19	20	1	18
индикаторы события (да —нет)	19	16	47	96	68	182	258	50
специальные индикаторы (*г*)	7	6	9	4	9	5	0	4
Точки съема информации о параметрах полета (*а*):	100	225	475	473	521	918	521	281
по каналам телеметрии	85	202	336	279	365	918	521	230
индицируемые на борту	53	75	280	214	289	167	129	30
Аварийная сигнализация	9	10	64	145	61	97	91	8

Компоненты оборудования	Космический корабль							
	«Меркурий»	«Джемини»	«Аполлон»		Командный отсек корабля «Аполлон»	«Скайлэб»		
						орбитальный блок		
			командный отсек	лунный модуль		отсек причаливания	шлюзовой блок	главный рабочий отсек
Входные сигналы:								
аналоговые	9	10	42	45	33	2	87	2
дискретные	0	0	22	100	28	95	4	6
Выходные сигналы	9	10	35	34	35	13	38	8

Примечание: (а) — число меняется в зависимости от задач полета и космического корабля; (б) — плавкие предохранители, а не автоматы защиты сети, использованные в космическом корабле «Меркурий»; (в) — трехступенчатые ручки управления, клавиатурные наборные поля компьютера и т. д.; (г) — директорный индикатор пространственного положения, индикационные поля компьютера, индикатор входа корабля в атмосферу, прицельные метки-индикаты.

кабинах современных кораблей системы сигнализации отказов элементов оборудования корабля, а также встроенные автоматические системы контроля работы оборудования с индикацией. Часть информационной панели отводится индикации систем управления стартом, выхода на орбиту и всех операций по разгону и торможению корабля.

В табл. 5 показано количество компонентов оборудования некоторых американских кораблей, что может в какой-то мере характеризовать сложность систем индикации и управления космическим кораблем.

В системах индикации используются приборы не только с круглыми шкалами, но главным образом с вертикальными шкалами, которые переводятся в режим с разделением времени путем переключения на индикацию одного параметра для нескольких систем.

Для директорного индикатора пространственного положения, индикационной панели и клавиатуры, а также матричной системы сигнализации аварийных режимов и отказов обеспечены оптимальные условия обзора и досягаемости.

Дискретные элементы управления (так же как автоматы защиты сети, тумблерные переключатели и индикаторы события) также широко представлены в системах управления космических кораблей. Дискретные элементы управления и индикаторы более широко используются для диагностики отказов и неполадок в системах для контроля номинальных режимов функционирования.

Для индикации применяется и предупредительная сигнализация. Она срабатывает при выходе жизненно-важных параметров (например, давления в жилых отсеках корабля) из нормы и предупреждает экипаж о необходимости принятия срочных мер.

Для большинства режимов полета на корабле «Меркурий» полезным оказалось использование вертикальных шкал отсчета; но на других американских кораблях при выполнении операции сближения и причаливания более эффективным было визуальное отображение ошибки рассогласования по сетке управления, центрированной в инерциальной системе координат. На наших «Союзах» для стыковки применялся комбинированный индикатор. Прибор, показывающий место корабля над земной поверхностью, был картинного вида — так называемый навигационный глобус.

Мнемосхемы, имеющие широкое распространение в управлении и контроле сложными системами в различных отраслях народного хозяйства, находят применение и в космонавтике, на борту пилотируемых кораблей и станций.

Мнемоника — искусство запоминания (греч.) — совокупность приемов, имеющих целью облегчить запоминание возможно большего числа сведений, фактов. Она основана главным образом на законе ассоциации — связи представлений, обусловленной предшествующим опытом.

Специалисты выработали ряд основополагающих (правда, пока еще только качественных) требований, которые надо предъявлять к мнемосхемам, для того чтобы они в наибольшей мере удовлетворяли психофизиологическим возможностям оператора. К этим требованиям в первую очередь относятся следующие.

Лаконичность. На мнемосхеме необходимо иметь лишь только те элементы, которые необходимы для обес-

печения оператора информацией о состоянии и системы в целом и ее основных подсистем.

Автономность. Части мнемосхемы, относящиеся к самостоятельно управляемым узлам и агрегатам, должны быть обособлены друг от друга и четко разграничены между собой.

Акцентирование. Наиболее важные, существенные с точки зрения контроля и управления элементы мнемосхемы должны четко выделяться размерами, формой, цветом и т. д.

Унификация. Мнемосхемы однотипных объектов должны иметь единые обозначения.

Структурность. Мнемосхемы отдельных элементов системы должны иметь четкие, легко запоминающиеся и отличающиеся друг от друга структуры.

Пространственная соотносимость. Расположение приборов и индикаторов на мнемосхеме должно быть согласовано с расположением соответствующих им органов управления, т. е. с последовательностью и логикой действий оператора.

Ассоциативность. На мнемосхеме должны использоваться привычные символы, ассоциирующиеся по форме и цвету с отображаемыми элементами и их взаимодействием.

Экономность. На мнемосхеме должно находиться минимальное количество знаков, а также обеспечена простота правил декодирования информации.

На центральном посту управления станции «Салют-6» для объединенной двигательной установки (ОДУ) предусмотрены два пульта: на одном из них изображена «скелетная схема» всей топливной системы станции и прибывшего дозаправщика, в которой обозначены все двигатели, баки, баллоны, топливные магистрали, многочисленные клапаны; другой пульт служит для управления ОДУ. Нажимая кнопки, космонавты выдают необходимые команды. При этом на первом пульте — мнемосхеме загораются те участки, которые задействованы: видно, от какого бака, по каким магистралям, через какие клапаны идет топливо к двигателям. Так что космонавт может проконтролировать весь процесс. С помощью этих пультов экипажи станции управляли процессом подачи топлива из емкостей «Прогрессов» в баки ОДУ.

Уже во время создания первых космических кораблей

«Восток» была сделана попытка эргономически рационально (хотя такой терминологии двадцать лет назад еще не существовало) построить кабину корабля. С этой целью впервые в практике строительства летательных аппаратов была создана единая система средств информации и средств ручного управления.

Появились тогда и многофункциональные приборы, облегчившие труд космонавта.

Но наиболее полно преимущества, которые дает единая система средств информации и управления, реализованы на кораблях «Союз» и орбитальных станциях «Салют». Управление рядом основных систем здесь осуществляется в основном с помощью одних и тех же клавиш и контролируется одними и теми же электролюминесцентными сигнализаторами. Они являются составными частями так называемого командно-сигнального устройства (КСУ), с помощью которого можно управлять шестнадцатью системами корабля, каждая из которых включает до двенадцати агрегатов. Одно КСУ заменяет около двухсот тумблеров и свыше двухсот пятидесяти сигнализаторов. Вряд ли удалось бы оптимально скомпоновать кабину космического корабля, если бы их пришлось размещать «россыпью».

Другое оригинальное информационное устройство, расположенное на приборной доске кораблей «Союз» (рис. 15) и станции «Салют», — комбинированный электронный индикатор (КЭИ). Это видеоконтрольное устройство бортовой телевизионной системы используется с помощью состыкованной с ним специальной аппаратуры для выдачи космонавту информации по семнадцати параметрам. Иначе говоря, КЭИ заменяет семнадцать измерительных приборов, которые просто негде было бы расположить. Удобство индикатора состоит в том, что он дает информацию о работе той или иной системы в целом, одновременно отображая на экране все основные характеризующие ее параметры.

Еще один комбинированный прибор кораблей «Союз» и станции «Салют» — индикатор контроля программ (ИКП). На его экране высвечивается какая-либо из программ на данном этапе полета со всеми относящимися к ней командами. Таким образом можно контролировать шесть разных программ.

Рис. 15. Средства индикации и ручного управления на космическом корабле «Союз»

Энергетические возможиости человека ограничены как по силе, так и по мощности. При эксплуатации машины может встретиться случай, когда для перемещения рычагов управления требуется или непомерное, или мизерное усилие. Оказывается и то, и другое не «под силу» человеку. Он, как и в других случаях, «требует» какого-то оптимума. Нужно непременно обеспечить энергетическую совместимость в эргатической системе.

Энергетическая совместимость оператора и машины предусматривает создание такой машины и органов управления, выбор такого оператора, чтобы и машина и оператор «гармонировали» в отношении требуемых для управления усилий, затрачиваемой мощности, скорости, точности и темпа управляющих воздействий, оптимальной загрузки конечностей оператора, вовлеченных в управление и разделение функций между ними.

При необходимости человек может развивать большие усилия. Например, специалисты отмечают, что велосипедисты на соревнованиях в течение нескольких секунд развивают мощность до 150,0 (кгс·м)/с., а сильнейшие люди планеты Л. Жаботинский и В. Алексеев при подъеме штанги развивают на мгновение мощность до 750 (кгс·м)/с.

В табл. 6 показана сила различных мышечных групп мужчин и женщин.

Необходимо иметь в виду, что чрезмериое развитие силы мышечных групп мешает развитию быстроты движений, а чрезмерное развитие быстроты (как и недоразвитие) мешает координации движений.

Давайте немного пофантазируем. Специалисты насчитывают у человека от 400 до 680 мышц. Что если взять все мышцы человека да сложить в одну, да заставить работать? Сколько такая мышца поднимет? Килограммов 500—700? Попробуем подчитать: мышцы человека составляют до 40% от его общей массы (у спортсменов даже до 50%). При общем весе 70 кг это составит 28 кг. Все мышцы, если их собрать вместе, займут объем, равный примерно кубу с ребром в 30 см. Площадь сечения его будет равна $30\times30=900$ см^2. Умножаем 900 на величину удельной силы мышц — 10 кгс/см^2, получаем результат — 9 тонн! Вот так мышца, да ведь это же целый подъемный кран!

Таблица 6

Показатели силы различных мышечных групп

Группы мышц	Мужчины		Женщины	
	число исследований	величина силы, кгс	число исследований	величина силы, кгс
Кисть (сжатие динамометра):				
правая рука	3923	38,6	1945	22,2
левая рука	3923	36,2	1945	20,4
Бицепс:				
правая рука	3108	27,9	1744	13,6
левая рука	3108	26,8	1744	13,0
Кисть (сгибание):				
правая рука	1728	27,9	572	21,7
левая рука	1728	26,6	572	20,7
Большой палец (сгибание):				
правая рука	1728	23,4	572	18,5
левая рука	1728	21,8	572	16,7
Кисть (разгибание):				
правая рука	2510	11,9	1574	9,0
левая рука	2510	10,9	1574	8,3
Стан (мышцы, выпрямляющие согнутое туловище)	3089	123,1	1745	71,0

Таким образом, конструкторы и инженеры при разработке требований к новым типам летательных аппаратов, и, в частности, требований к органам управления, должны учитывать силу отдельных мышечных групп в конкретных условиях, в которых оператор осуществляет управление машиной. При этом необходимо помнить о том, что максимально развиваемое усилие не может быть принято за определяющее для конструирования органов управления.

Минимальное усилие также не может быть принято, так как при полном отсутствии сопротивления теряется точность управления и увеличивается количество ошибок.

Оптимальное усилие, которое оператор должен развивать и сохранять в течение всего рабочего времени, является определяющим для конструирования органов управления.

Необходимо помнить о том, что скорость двигательных реакций оператора зависит от степени тренирован-

ности. Например, у тренированного оператора время реакции при движении его пальцев составляет — 0,15 с, кисти руки — 0,17 с, при движении предплечья в локтевом суставе — 0,20 с, при движении плеча — 0,20 с.

У нетренированного оператора показатели скорости двигательной реакции значительно хуже.

Непрерывные криволинейные движения совершаются с большей скоростью, чем движения с резкими изменениями направления. Движения со свободным размахом оператор выполняет с большей скоростью и с меньшей затратой энергии, чем движение ограниченное.

Без нагрузки рука может совершать до 5 движений в секунду, предплечье — 8, запястье — 11—12. Рука обычно движется быстрее по горизонтали, чем по вертикали.

Правой рукой оператору удобнее совершать вертикальное движение против часовой стрелки, левой — по часовой (у «левши» иначе).

Считается установленным, что невесомость и условия пониженной гравитации повышают требования к выполнению космонавтом функциональных задач, требуют большего времени и большей затраты физических сил, понижают эффективность их выполнения.

В указанных условиях особое значение приобретают вопросы обеспечения возможности для космонавтов свободно и легко передвигаться внутри корабля и выполнять необходимую работу как в кабине, так и снаружи корабля. Здесь речь должна идти также и об использовании специальных приспособлений — средств фиксации, зажимов, опор для рук, ремней, специальной обуви и др.

Энергетическая совместимость оператора с машиной должна обеспечиваться не только на самом корабле, но и при работе космонавта в открытом космосе.

ПРОСТРАНСТВЕННО-АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

Человек имеет определенную (в каких-то пределах) длину рук, ног. Высота его тела также имеет пределы. Для человека есть «удобные» и «неудобные» позы при работе с машиной. Обзор внешнего пространства ограничен.

Посты управления машиной на корабле своими габаритными размерами тоже как-то ограничены. При работе же в едином комплексе их нужно взаимно «увязать».

Пространственно-антропометрическая совместимость оператора и машины состоит в том, чтобы исходя из антропометрических характеристик и некоторых физиологических особенностей оператора (динамическая антропометрия), а также условий, диктуемых конкретной задачей, создать требуемое рабочее место. Необходимо решить проблемы выбора объема и формы отсека управления: создания рациональных сидений, обеспечивающих удобное расположение операторов (поза); обеспечения зоны досягаемости для конечностей операторов при управлении машиной; компоновки пульта управления с учетом разрешающей способности зрительного и слухового анализаторов, а также ряда других особенностей деятельности операторов по управлению; размещения источников информации о работе машины в соответствии с эргономическими требованиями.

Пространственно-антропометрическая совместимость должна быть обеспечена не только при управлении, но и при обслуживании агрегатов и элементов машины или системы.

Человек, если рассматривать его психофизиологические свойства, за последние 1000 лет по существу не изменился. Но современный оператор при использовании машин поставлен в такие условия, о которых и не подозревал его предшественник. Ученым понадобились многие годы, чтобы «вписать» человека-оператора в ограниченный, как правило, по габаритным размерам пост управления машиной. Был «изобретен» «среднестатистический» оператор как «эталон», на который должен ориентироваться конструктор. Но люди от этого не стали одинаковыми. Поэтому эти «эталонные» характеристики имеют довольно широкие пределы. Тем не менее удалось получить определенные стандарты, «зафиксировать» их в соответствующих справочниках.

При выборе форм и габаритов, общего количества и взаимного расположения обитаемых отсеков космического корабля необходимо учитывать психофизиологические особенности человека и специфику его двигательной активности при выполнении им производственно-бытовых операций. В целях создания необходимого удобства и рационального использования рабочего времени

помещения целесообразно разделить на различные функциональные группы, объединенные однородностью выполняемой работы (производственная, хозяйственная и др.). Между этими группами и отдельными помещениями внутри каждой группы устанавливаются линии основной взаимосвязи: транспортной, энергетической, информационной и др. В составе функциональных групп помещений на будущих кораблях и орбитальных станциях могут быть: центральный пост управления, помещение для проведения работ с исследовательской аппаратурой, ремонтные мастерские, физическая лаборатория, столовая, каюты, камбуз, продовольственный склад; физкультурный зал, биохимическая лаборатория, оранжерея; шлюз, помещения для хранения скафандров и др. При проектировании обитаемых объектов целесообразно предусматривать возможность их переоборудования непосредственно в полете (например, переоборудование интерьера каюты в рабочий кабинет специализированного профиля и т. п.).

Короче говоря, предметно-пространственная часть искусственной среды обитания на корабле должна быть организована на строго научной основе.

От обеспечения пространственно-антропометрической совместимости оператора, машины и среды зависит во многом соответствие космического корабля требованиям безопасности, наилучшей обитаемости и эффективной деятельности человека как оператора.

Органы управления и индикаторы должны располагаться в соответствии с антропометрическими данными космонавтов, их рабочими позами и с учетом фактора невесомости.

В космическом доме понятие пола и потолка носит условный характер. Отсюда и непривычные для земных условий способы работы. Многие устройства (примерно одна треть) крепятся так, что работать с ними удобнее стоя на потолке или лежа на стене. Это «прихоти» невесомости. Кстати, в доме есть и свой подпол — место, где размещены агрегаты систем и различная аппаратура, обеспечивающая их работу: усилители, фильтры, регенерирующие блоки... Еще одна проблема, стоящая при проектировании пилотируемых космических кораблей,— свободное пространство для экипажа.

Потребность человека в свободном пространстве не абсолютна. Нормы индивидуального пространства воз-

растали с развитием общества. Характерной для человека тенденцией является превращение прежней роскоши в повседневную необходимость, что также справедливо по отношению к нормальным и минимальным стандартам индивидуального пространства. Для обеспечения длительных полетов на космических кораблях человек «потребует» и большего объема помещений, чем на заре развития космонавтики, и лучшего интерьера, и обеспечения каждого члена экипажа индивидуальным отсеком для сна («космическая спальня»), и пространством для хранения личных вещей, и создания возможно большего числа различных четко очерченных зон, соответствующих привычным «комнатам» в условиях жизни на Земле, и условий, похожих на домашнюю обстановку, путем привычного использования пространства и символических предметов и, возможно, увеличения числа «комнат» за время полета за счет, например, использования освобождающихся складских помещений, и разного рода модификаций или перестановок внутри обитаемого отсека.

Объем жилого пространства и его формы — два наиболее важных фактора, относящихся к обеспечению пространственно-антропометрической совместимости.

Ограниченный объем помещения всегда отрицательно сказывается на деятельности человека. Этот объем определяется целым рядом факторов (мощностью и габаритными размерами ракетно-космической системы, программой рабочих действий космонавтов и др.) и во многом зависит от предполагаемой длительности полета. Если в начале космической эры рабочий, жилой отсеки и отсек для отдыха были объединены вместе и имели весьма небольшой объем, то для длительных полетов космонавтов будут обеспечивать отдельными зонами для отдыха, приготовления пищи и работы. Очень важно правильно решать и вопросы, касающиеся внутренней организации помещения. Здесь еще очень много нерешенного. Стоит ли всю кабину делить на отдельные изолированные отсеки (для отдельных лиц и групп) и какая должна быть их конфигурация — фиксированная, гибкая или комбинированная? Как приспособить одно и то же помещение для использования при различных условиях гравитации — при запуске, при возвращении, в орбитальном полете при невесомости, при создании искусственной гравитации? Влияет ли длительная невесомость, а также

специальное снаряжение на эффективность использования пространства? Возникнет еще не одна проблема.

Сейчас нет строго установленных норм на объемы пространства, которые нужны космонавту для успешного проведения космических полетов. Естественно, что эти нормы (если они и появятся) будут зависеть от условий полета, его продолжительности, количества членов экипажа и других факторов. В литературе указывается, что на 7—10 дней полета человеку требуется 0,7—3,5 м^3 пространства, на 30 дней полета — 4,24 м^3. Физиологи называют цифру 10 м^3, а известный архитектор Л. Корбюзье считал, что человеку для более или менее нормальной работы и жизни потребуется 11,6 м^3 пространства. Пространственные характеристики космических кораблей становятся важными с увеличением их общего размера и объема.

Телосложение, рост, вес, длина конечностей, расстояние между глазами, размер и форма головы, а также другие размеры и пропорции тела людей различны.

Даже космонавты, несмотря на тщательный отбор, оказываются не одинаковыми по своим антропометрическим данным. А ведь всем им необходимо приспособиться к ограниченной по размерам кабине корабля. К рабочему месту, месту отдыха и сна, к личному снаряжению — скафандрам, костюмам, гермошлему, ботинкам и т. д.

Особенности расположения сигнализаторов и мнемосхем, за которыми приходится следить, органов управления, посредством которых осуществляется связь с машиной, форма инструментов для работы с оборудованием внутри и вне корабля и само жилое пространство требуют со стороны космонавта определенных усилий, чтобы приспособиться к новым, необычным условиям.

Несоответствие любого из этих элементов оборудования возможностям человека может привести не только к снижению эффективности рабочей деятельности, но и к появлению нарастающего чувства раздражения, которое в совокупности с другими трудностями может иметь самые неблагоприятные последствия.

Необходимость выполнения работ в условиях невесомости в ограниченном пространстве и вынужденных позах может осложнить адаптацию и создать дополни-

тельные трудности в системе «оператор — машина — среда».

Компромиссные решения и обеспечение пространственно-антропометрической совместимости оператора, машины и среды для кратковременных полетов могут оказаться не эффективными для длительных полетов. Поэтому компромисс здесь должен быть «динамическим», конструктор должен учитывать и время пребывания космонавта в полете. Здесь и индивидуальные различия членов экипажа дадут себя знать более сильно; здесь потребуется вообще обеспечить более высокий уровень пространственно-антропометрической совместимости. При этом необходимо учитывать, какой ценой, с каким риском для человека или для успешного выполнения поставленной задачи достигнут такой компромисс.

Часто говорят, что якобы в угоду технической целесообразности космонавтов «заставляют» мириться с неудобствами, приводившими к снижению эффективности деятельности и уменьшению комфорта. Нет, это не так! Все дело в том, что конструкторам системы «оператор — машина — среда» приходится идти на компромисс, и в угоду достижения конечной цели человек на корабле вынужден испытывать определенные неудобства.

Если снять ограничения по росту космонавтов, то кабину космического корабля придется приспосабливать к более широкому кругу индивидуумов, при этом естественно, возрастут и масса корабля и стоимость полета.

Даже ширина плеч космонавтов играет определенную роль при создании кабины — здесь важное значение будут иметь размеры люков.

Сравнение деятельности человека в условиях невесомости и на Земле указало на необходимость разработки «космической антропометрии», которая занимается измерениями человека, находящегося в космическом полете. Ее интересует, в частности, какие положения тела характерны для невесомости и какова антропометрия этих положений? По каким путям перемещается тело человека и его конечности, когда отпадает необходимость преодоления силы тяжести? Повлияют ли изменения структуры движений на разработку методики выполнения различных задач, требующих приложения силы и учитывающих особенности биомеханики?

Хотя при подготовке длительных полетов большое внимание будет, вероятно, уделено вопросам «космической антропометрии», ряд исследований будет посвящен изучению этнических факторов применительно к многонациональному составу экипажа; изучению возрастных особенностей в связи с предполетной тренировкой и продолжительным пребыванием к космосе; половым различием для смешанных экипажей; профессиональным особенностям участников полета при комплектовании смешанных экипажей, состоящих из научных работников, пилотов и инженеров.

ТЕХНИКО-ЭСТЕТИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

Сразу следует заметить, что в обеспечении научно обоснованной совместимости оператора с машиной, описанной ранее, уже заложено эстетическое начало. Эстетическое удовлетворение трудом только усиливается, если обеспечена полная совместимость оператора, машины и среды. Образно выражаясь, можно сказать, что при этом в основное содержание труда вводятся элементы творчества. По сути дела это есть введение в процесс труда художественных элементов.

Художнику-конструктору при создании красивого изделия «ласкающего» взгляд оператора, помогают его эстетическое чутье, художественный вкус. В процессе управления красивой, качественной в художественном отношении машиной у оператора пробуждается приятное ощущение красоты и радости.

Нужно сказать, что обеспечение технико-эстетической совместимости оператора, машины и среды еще нельзя поставить на строго научную основу: эргономика пока не может количественно оценить эстетическую информацию, поступающую к оператору; здесь, пожалуй, все еще «царство» искусства, а не науки.

Для того чтобы придать машине красивый внешний вид, решающее влияние имеет правильное использование принципов художественного творчества и в первую очередь симметрии, ритма, контрастности, членения, пропорциональности и др. Хотя эти «эстетические элементы» может правильно применять прежде всего художник, все же целесообразно, чтобы общие принципы

применения таких элементов знали и конструкторы, и проектанты, что позволит им организовать действенное сотрудничество с промышленными художниками-дизайнерами.

При обеспечении технико-эстетической совместимости оператора, машины и среды конструктор может использовать такие категории, как материал, форма, фактура, цвет и др.

Человек живет в мире цвета. Эксперименты, проведенные советскими исследователями Ф. Горбовым, Б. Душковым, Ф. Космолинским и другими, показали, что люди далеко не безразличны к тому, какого цвета предметы их окружают.

Изучение цветовой гаммы позволило установить, что по биологической активности цвета располагаются в том же порядке, что и в спектре. Интенсивность ощущения пропорциональна интенсивности энергии излучения, которая передается отдельными порциями — квантами. Красный и голубой возглавляют группы цветов, которые с точки зрения психофизиологии действуют прямо противоположно. Воздействие цветами первой группы увеличивает мускульное напряжение, частоту сердечных сокращений, повышает кровяное давление и учащает ритм дыхания.

Красный цвет возбуждает, улучшает настроение и привлекает внимание к внешнему миру.

Под действием голубого, синего, т. е. особенно пассивных цветов, кровяное давление понижается, замедляется ритм сердца и дыхания. Действие цвета оказалось настолько реальным, что встал вопрос о выяснении его роли при пищеварении. Опыты с различным цветовым освещением в ресторане оказались весьма интересными. Было установлено, что во время еды, уравновешенное белое освещение значительно благоприятнее цветного. Включение оранжевого освещения после еды вызывало приятные ощущения и даже состояние легкого опьянения.

Однако благотворное, «освежающее» влияние цвета, если оно будет неизменным, не проявится даже в оптимально организованном цветовом окружении: с течением времени цвет превратится в монотонный раздражитель. По-видимому, нужна и смена цветовых впечатлений, например, в минуты отдыха интерьер мог бы погружаться в темноту, после чего на «холсте» — трехмерном

пространстве интерьера возникла бы динамическая игра цветов — «подвижная живопись». Благодаря цветовой гимнастике мозг человека успокаивается и расстается с усталостью. С помощью цвета можно улучшить тепловые ощущения в помещении, не изменяя при этом температуры окружающей среды. Исследованиями установлено, что при одинаковой температуре людям в желтой комнате теплее, чем в голубой.

Определенные свойства цвета могут оказаться полезными в архитектуре. Цвета, окрашивающие стены, способны «раздвинуть» или «сжать» интерьер. Поверхности, окрашенные в голубой, фиолетовый, голубовато-зеленый, словом, в холодные тона, выглядят более удаленными, чем поверхности, окрашенные в теплые цвета: красный, оранжевый, желтый, которые кажутся выступающими вперед.

В основе восприятия цвета глазом лежит так называемая трехкомпонентная теория Ломоносова—Юнга—Гельмгольца. Все предметы, которые окружают человека в природе, имеют тот или иной цвет. Глаз человека воспринимает излучение с длинами волн в среднем в пределах от 380 до 760 миллимикрон и может различать более 120 оттенков в солнечном спектре по цветовому тону, более 10 оттенков по насыщенности каждого цветового тона и более 25 ступеней по яркости.

Как известно, в солнечном спектре принято различать семь основных цветов: фиолетовый, синий, голубой, зеленый, желтый, оранжевый, красный. В табл. 7 приведены границы участков характерных цветов непрерывного спектра.

Доказано, что зеленый, желтый (и их оттенки) больше всего стимулируют функциональную способность зрительного анализатора, уменьшая его утомление и повышая устойчивость ясного видения. Напротив, цвета крайних участков спектра (красный, фиолетовый и т. д.) при большой их насыщенности вызывают утомление зрительного анализатора. Известный французский специалист по цветовому климату Жак Вьено высказал оригинальную мысль о цвете: «Цвет способен на все: он может родить свет, успокоение или возбуждение. Он может создать гармонию или вызвать потрясение: от него можно ждать чудес, но он может вызвать и катастрофу».

По изменению цвета, ученые могут даже определять настроение человека. Например, изготовлен перстень с

Таблица 7

Границы участков характерных цветов непрерывного спектра

Цвет	Границы участков, ммк	Цвет	Границы участков, ммк
Фиолетовый	380—450	Желто-зеленый	550—575
Синий	450—480	Желтый	575—585
Голубой	480—510	Оранжевый	585—620
Зеленый	510—550	Красный	620—770

кристаллическим кварцем, меняющий свой цвет и оттенок с изменением температуры человеческого тела. А температура в свою очередь зависит от настроения человека, считают некоторые ученые.

Пользоваться этим «барометром настроения» легко, утверждает его создатель. Все оттенки черного цвета указывают на подавленное состояние или плохое настроение. Появление отблеска цвета дымчатого топаза означает, что настроение улучшается. Светящийся зеленым цветом кварц — нервное напряжение спало. Синие оттенки — хорошее настроение. Темно-синий цвет — полный душевный покой.

Однако необходимо отметить, что не все люди одинаково воспринимают цвет. Есть категория людей, по-разному воспринимающих цвет. Их можно разделить на три группы: к первой группе относятся лица с ослабленным цветовым восприятием. Они хотя и различают все цвета спектра (красный, желтый, зеленый, синий), нуждаются в повышенном цветовом раздражителе. Ко второй группе относятся лица, имеющие частичную цветовую слепоту. Они имеют выраженное расстройство цветового зрения, чаще всего в красно-зеленом участке спектра и воспринимают только спектр желто-голубого цвета. Такие лица не могут выполнять работу, связанную с операторской деятельностью, особенно при работе с пультами, на которых имеется красно-зеленая сигнализация.

К третьей группе относятся лица, имеющие полную цветовую слепоту. Они воспринимают окружающий мир в виде бесцветной черно-белой фотографии.

Общий цветовой колорит интерьера станции «Са-

лют-5» был решен в голубоватых, светло-золотистых и белых тонах. Лицевая часть отдельных элементов выполнена в более насыщенной гамме цветов. В рабочем отсеке преобладающими были теплые тона. А в бытовом — доминировали холодные. Нижние части интерьера имели более темные тона, а верхние — более светлые. Это способствовало созданию привычной на земле обстановки с «полом» и «потолком», зрительно расширило объем отсеков и помогло пространственной ориентации в условиях невесомости.

Сильное воздействие — функциональное и эстетическое — способна оказать на человека музыка.

В настоящее время делаются успешные попытки, основанные на научных исследованиях, заставить музыку «работать на труд». Разработаны специальные программы применения функциональной музыки в цехах различных предприятий. В настоящее время установлены критерии, в рамках которых должна транслироваться функциональная музыка. Первый из них — степень загрузки внимания работников, а значит, и степень насыщенности музыки, второй — подбор на основе «спроса» музыкальных произведений по жанрам и третий — регламентация по громкости.

Первая передача, или, как ее называют, музыка «врабатывания», бывает в начале смены. В это время транслируют равной громкости мелодичные произведения. После обеденного перерыва, когда надо восстановить, как говорят физиологи, динамичный стереотип, предупредить или снять утомление рабочего, практикуется ритмичная музыка, но не в быстром темпе. Наконец, третья передача предназначена не для цехов — ее слушают перед началом смены в проходных и на территории предприятия. Эта музыка по замыслу должна создать ровное настроение у человека, идущего на работу.

И создает! Практические результаты свидетельствуют о том, что положительное влияние функциональной музыки на трудовую деятельность человека позволяет не только вскрыть немалый резерв хорошего, доброго настроения, но вместе с этим повысить рост производительности труда и снизить брак на производстве.

Музыку можно использовать и для сопровождения физических упражнений на корабле. Разная ритмика музыки соответствует трем типам физических упражне-

ний, за которыми стоят «скорость», «сила», «выносливость». Каждый день 2,5 часа отводилось на «Салюте» на физические упражнения такого рода.

Медики и конструкторы позаботились о создании на борту комфортных условий для отдыха и работы, ибо и то, и другое являются важнейшими факторами, влияющими на состояние космонавтов.

Слушать серьезную музыку и работать одновременно просто невозможно. Поэтому космонавты большей частью «заказывают» ритмичную музыку (она звучит под сурдинку), пока ведутся эксперименты. А из песен одному из экипажей больше всего запомнилась одна — вот с таким припевом: «Если долго мучиться, что-нибудь получится».

Одному из космонавтов захотелось взять в космос пленку с земными звуками: шорохом дождя, криком птиц, шумом моря. Правда, специалисты говорят, что в длительных межпланетных полетах такие записи могут навести на грусть, повысить желание быстрее вернуться домой.

Несколько слов о запахах. Запахи называют иногда воздушными витаминами.

Наблюдениями и специальными исследованиями установлено, что запахи обладают физиологическим воздействием на человека. Они влияют на мускульную силу, слух и зрение, могут изменять газообмен, ритм дыхания и пульс, кровяное давление.

Обычно положительное влияние на организм оказывают приятные нерезкие запахи, особенно ароматы садов, полей, лесов, парков. И использование соответствующих запахов на космическом корабле могло бы, вероятно, повысить эффективность системы ОМС.

В земном стереотипе раздражителей существенную роль играют объекты зрительного восприятия. Колебания освещенности по времени суток и по сезонам, определенное закономерное чередование и смена «мотивов» окружающего пейзажа (восход и заход солнца, состояние облачности, дождь или снег и пр.) являются одним из синхронизаторов психофизиологических ритмов человеческого организма, создают для него привычный фон жизнедеятельности.

Поэтому естественным средством, облегчающим приспособление человека к необычным психологическим факторам длительного космического полета, представ-

ляется построение интерьера «по земным мотивам», предусматривающее имитацию в нем элементов природной, суточной и сезонной периодики. Способы такой имитации могут быть разными. Можно, например, интерьер кабины корабля оборудовать специальным экраном, имитирующим реальное окно обычного земного помещения. Плавно изменяя яркость источников света, освещающих этот экран, а также проецируя на него различные цветные слайды с изображением пейзажей, нетрудно вызвать у воспринимающего их лица иллюзию суточного хода освещенности, смены времени года и т. д. При этом в основу регулирующего изменения освещенности и программы смены цветовых изображений должна быть положена реальная динамика метеоастрономических характеристик в природе, что сделает иллюзию «окна» более убедительной. Все это поможет создать максимальный психологический комфорт в помещении корабля, который будет так же удобен и обжит, как и земной интерьер. Именно для этого космонавт захватит с собой яркий и многоцветный кусочек Земли: ее цвета, формы, краски и ритмы — словом, все то, что его окружало в повседневной жизни.

Полет на космическом корабле сопровождается рядом психологических особенностей. Важным в этом плане оказалось явное преобладание эффектов сенсорной депривации (сенсорное «голодание»). Так, например, во время первого полета к Луне американского корабля «Аполлон» члены экипажа указывали на однообразие впечатлений на «перегоне» Луна — Земля. В экспериментальных ситуациях, моделирующих длительное нахождение на космическом корабле, у испытуемых наблюдались сдвиги в эмоциональной сфере (апатия, скованность позы и мимики, напряженность, иногда повышенная раздражительность, нарушение сна, известные изменения интеллекта, небольшие нарушения поведения). Профилактические меры против возможных негативных влияний на психику некоторых условий длительного полета разнообразны. Среди них, как известно, — психологический отбор, тренировки в сурдокамере, психотерапия, специальное оформление интерьера и т. д.

Но особое место в этом ряду занимает разнообразный труд и активный отдых (если последний связывать со спецификой человеческой психики — как стремление

к познанию окружающего мира, к новизне впечатлений).

Следует учитывать, что если в обычных условиях человек активно осуществляет поиск нужных ему для отдыха впечатлений, то в условиях длительного космического полета и малого замкнутого объема обитания в кабине корабля такая возможность крайне затруднена. Поэтому необходимо психологическое обоснование способов активного отдыха космонавтов и обеспечение ими в ходе полета. Считается, что сила эмоционального воздействия средств активного отдыха зависит как от их формально-информационной характеристики (т. е. степени неожиданности воздействия), так и от соответствия вкусам данного индивидуума.

Другим способом утоления эмоционального «голода» может быть просмотр кинофильмов. Некоторые психологи считают, что на космонавтов в условиях длительных полетов самое положительное воздействие могут оказать киноленты, на которых сняты их родные и близкие, они сами в кругу семьи, в непринужденной домашней обстановке. Другая часть специалистов с этим не соглашается, полагая, что ожившие фотографии близких лишь усилят чувство отрыва от них, от Земли, будут способствовать развитию депрессии.

Что касается «космической» библиотечки на борту корабля, то теоретические соображения и немногочисленные экспериментальные работы показывают, что ее комплектовать следует из: остросюжетных, целиком захватывающих внимание читателя детективов, фантастических повестей, привлекающих оригинальностью научных и технических идей и новизной ситуаций, историко-биографических романов, удовлетворяющих стремлению человека к познанию и одновременно являющихся примером для подражания, психологических романов и повестей, затрагивающих современные проблемы, наконец, сборников юмористических рассказов. При этом не следует забывать и личные интересы будущих членов космических экспедиций.

Медики полагают, что присутствие на борту орбитальной научной станции живых красивых рыбок гуппи будет просто приятно космонавтам. А значит, и вызовет положительные эмоции. То есть во время работы с ними космонавты получат порцию эмоциональной раз-

рядки, которая так им нужна при выполнении сложной и насыщенной программы полета.

Несколько слов о быте на орбите.

Иногда сами космонавты жалуются: «Быт заедает». Много забот прибавляет он и специалистам. Скажем, как составить меню? Вроде бы понятно — по желанию космонавтов. Но оказалось, что вкусовые ощущения в космосе меняются. Так, допустим, на Земле космонавт любит сосиски, а в полете они ему не нравятся, хочется чего-то другого.

Фирма «Груммэн Аэроспейс» провела работу по проектированию санитарно-гигиенического и бытового оборудования для пилотируемых орбитальных станций — приспособлений для мытья рук и тела космонавтов, их фиксации при выполнении различных работ, устройства для удаления отходов и т. д.

Спальные места для членов экипажей предложено оборудовать эластичными одеялами, которые одновременно могут служить и для фиксации космонавтов во время сна. К разработанному санитарно-гигиеническому оборудованию относятся также устройства для удаления отходов жизнедеятельности, приборы для бритья, стрижки волос и пр.

Спроектирована душевая кабина, рассчитанная на одного человека. В нее подается вода, перемешанная со сжатым воздухом. Использованная вода с моющим веществом удаляется из кабины с помощью принудительного отсоса.

На «Салюте-6» также использовалась складывающаяся «космическая баня» — душевая кабина со стенками из пленки. Чтобы капли воды не разбегались в невесомости, предусмотрен отсос воды из душевой кабины.

В длительном полете космонавты не могут, как на земле, «уйти» в отпуск. Как это повлияет на их работоспособность? На земле есть люди, способные работать месяцами и годами без выходных дней и без отпуска. Здесь главную роль играет мотивация. Вероятно, и космонавты, имеющие исключительно высокий уровень мотивации, сумеют в длительных полетах перебороть неблагоприятные последствия длительной однообразной деятельности.

Давайте поставим себя на место космонавтов. Каждый день, виток за витком вы выполняете много очень похожих операций. Все мысли заняты выполнением

программы, переговоры с Землей — это, как правило, технические консультации. И вот эта перегруженность специальной информацией сочетается при работе в космосе с недостатком самых разных воздействий на органы чувств, привычных в земных условиях. На Земле мы улавливаем богатую гамму самых разных запахов, слышим шаги прохожих по переулку, шум далекого поезда, пение птиц, чьи-то голоса. Наконец, эмоциональное воздействие оказывает на нас чтение газет, журналов.

Понятно, что в космосе человек почти всего этого лишен. И, поработав какое-то время, он начинает проявлять смутное беспокойство. Ему, как поется в известной песне, «хочется чего-нибудь такого... земного». Скажем, в разговоры с Землей все чаще включаются фразы на отвлеченные темы — например, об увиденных снах. Космонавты мечтают о каких-то более острых вкусовых ощущениях.

Советские ученые Г. Зараковский и С. Рысакова предлагают космонавтам ряд развлечений на орбите. Вот что они говорят об этом.

Уже сейчас ясно, что космонавтов на орбитальных станциях ждет целый ряд психологических трудностей. В экспериментах, воссоздававших условия длительного полета, у испытателей появлялись определенные эмоциональные сдвиги — апатия, скованность позы и мимики, раздражительность, нарушения сна.

Профилактика подобных состояний разнообразна. Но особое место среди них занимает отдых. Каким он должен быть? На этот вопрос частично отвечает 70-суточный эксперимент.

Для испытателей были подобраны две музыкальные программы: одна — по заявкам экипажа, а другая — из незнакомых произведений, неожиданных по форме и содержанию. Концерт по заявкам разрешалось слушать, когда захочется, а произведения второй группы, всегда по-новому подобранные, — только во время отдыха. Затем следовал опрос членов экипажа.

Одному из испытателей понравились «неожиданные» концерты, в которых по его словам, «звучит сильное напряжение... Это сопоставимо с желанием видеть яркие, кричащие краски... Наверно, хочется хорошей встряски». У другого та же музыка вызвала «побуждение закрыть уши». Он радовался, услышав соло на

скрипке. Третьему также не пришлись по душе незнакомые произведения. Итак, вывод: необычная музыка будоражит, никого не оставляя равнодушным, она разряжает будничность и монотонность обстановки. Это хорошее средство для того, чтобы в подобных условиях вызвать эмоциональный взрыв.

Во время 70-суточного опыта экипажу были показаны отрывки из зарубежных «фильмов ужасов» с их выстрелами, погоней и бесконечными убийствами. Результат оказался неожиданным: испытатели от души смеялись. И, возможно, потому, что экранные трудности и проблемы были менее значительными, чем их собственные. Во всяком случае, настроение испытателей после просмотра значительно улучшилось.

В условиях эксперимента у некоторых людей неожиданно появилась склонность к рисованию, лепке, другие начинали писать стихи, петь. Вообще полезна любая смена деятельности, если новое занятие по душе человеку.

Советским изобретателем М. И. Клевцовым разработаны специальные шахматы для игры в условиях невесомости при длительных космических полетах.

Среди игр и других средств активного отдыха, предназначенных для экипажей космических кораблей, шахматы, несомненно, займут важное место. Шахматы удивительно гармонично сочетают в себе элементы искусства и соревновательный дух. Эта замечательная игра, которая, с одной стороны, основывается на четких правилах и стройной теории, а с другой—представляет необъятный простор для импровизации. Она дарит людям радость, развивает фантазию, самостоятельность. Члены экипажа могут «бросить перчатку» друг другу и, как показал полет корабля «Союз-9», сыграть по радио с Землей. Ведь в длительных космических путешествиях активный отдых становится неотъемлемой частью распорядка дня космонавтов. Почему потребовалось создать специальные шахматы для космических полетов? Существуют же различные конструкции дорожных шахмат, в которых фигуры на доске фиксируются, например, при помощи штырей, миниатюрных магнитов, ворсистых молний и т. д. Однако опыт показывает, что обычные дорожные шахматы не исключают потерю фигур. А потерянная маленькая шах-

матная фигура, плавая по кабине в невесомости, грозит натворить много бед.

В шахматах, которые взял с собой на орбиту экипаж «Союза-9», доска не сплошная, а «изрезана» системой вертикальных и горизонтальных Т-образных пазов, выходящих в центры всех клеток и за пределы игрового поля. В основании каждой фигуры установлен штырь с головкой на конце, которая вводится в пазы. Благодаря этому фигура находится в постоянном механическом зацеплении с доской. Чтобы сделать ход, нужно переместить фигуру по лабиринту пазов в намеченную клетку. Если эта клетка занята «сбиваемой» фигурой, ее надо предварительно (также по пазам) вывести за пределы игрового поля. Длина штыря позволяет слегка приподнимать фигуры, что создает известные удобства при их перемещении. Для того чтобы фигура, когда ее передвинут, автоматически фиксировалась на доске, на каждый штырь надета шайба с упругим элементом, который поджимает ее к внутренней стороне доски.

Таким образом, весь узел крепления фигуры находится внутри паза.

Для выбывших из игры фигур с двух сторон доски (со стороны партнеров) предусмотрено по одному дополнительному — «собирательному» пазу, в котором сходятся все вертикальные пазы.

В первой модели шахмат, которые А. Г. Николаев показывал телезрителям, собирательные пазы расположены «на обочинах» игрового поля в его плоскости. При такой конструкции, разумеется, доску нельзя было складывать — мешали фигуры, расположенные перпендикулярно к доске. Теперь же этот недостаток устранен, и доска изготовляется из двух половин, раскрывающихся, как книга. Уже готовы опытные образцы последней модели шахмат, которые скоро появятся на прилавках магазинов. Они пригодны не только для условий космического полета. Ими, вероятно, захотят воспользоваться пассажиры всех видов транспорта, туристы.

СОВМЕСТИМОСТЬ В ЭКИПАЖЕ

Организационные аспекты полета, включая назначение экипажа, распределение обязанностей в нем и другие непосредственно влияют на жизнеспособ-

ность и профессиональную деятельность этого микроколлектива и всей системы «космонавт — корабль». Все эти компоненты должны быть совместимы и интегрированы с задачами полета, конструкцией корабля и особенностями среды.

В понятие «среды» (по определению) должны быть включены и экстремальные факторы полета, а в понятие «машина» — защитные устройства космического корабля. При длительном полете сам корабль с его «начинкой» может стать источником стресса, связанным с вынужденным пребыванием в ограниченном пространстве.

Сохранение высокой работоспособности в условиях стресса вступает в конфликт с адаптационными функциями физиологических и психологических защитных систем, которые, обеспечивая самосохранение индивидуума, могут изменить поведение, в том числе иерархию движущих им мотивов, привести к отказу от выполнения работ, или, по крайней мере, к снижению работоспособности.

На корабле возникает как бы «микрообщество» в миниатюре. И если взаимоотношения в экипаже будут неопределенными и непредсказуемыми, то группа может оказаться недостаточно сплоченной и ее психологическое состояние — плохим, а деятельность — ненадежной. Следовательно, взаимодействия между членами группы могут нарушить выполнение операций или создать угрозу его нарушения.

Впрочем, еще задолго до этого критического момента могут возникнуть серьезные осложнения в виде постепенного или эпизодического отчуждения отдельных членов группы.

Поэтому очень важно для современной космонавтики с ее сложными и длительными полетами умело составить экипаж, сформировать его не только из хорошо подготовленных специалистов, но и людей, симпатизирующих друг другу и дополняющих один другого. И здесь нет мелочей — будь-то увлечение подводной охотой или тяга к научно-фантастической литературе.

Задача состоит в том, чтобы для длительной космической экспедиции подобрать экипаж таким, чтобы всем членам его было приятно вместе жить и работать. Эта задача, как видно, не из простых. Опыт различных путешествий на земле и на воде подтверждает наш вы-

вод. Вспомним «экипаж» Ф. Нансена, вспомним японских путешественников в море.

На Земле человек старается удовлетворить, по-существу, все свои потребности (как биологическое существо), вероятно, главным образом потому, что сам человек и его потребности развивались во взаимосвязи с другими формами жизни и физическими характеристиками планеты. На космическом корабле должно быть также обеспечено удовлетворение потребностей человека. Маслау классифицировал эти потребности следующим образом. Самый нижний уровень он отвел жизненно важным физиологическим потребностям организма. Когда они удовлетворены, становятся ощутимыми потребности в безопасности и благополучном исходе полета [12].

Далее, по мере удовлетворения последних, их место «занимают» потребности в привязанности и принадлежности друг другу. Затем идут потребности престижа, потребности в самоутверждении или самовыражении, потребности познания и эстетические потребности.

В условиях длительного полета необходимо обеспечить главное — создать условия, в которых космонавт в составе экипажа был бы активным оператором, используя на все 100% свои интересы, навыки, личные склонности. И экипаж в целом должен быть активным. Космонавт в условиях длительного полета может быть поставлен в невыгодные условия «избытка времени». Этого нельзя допускать. Можно было бы перечислить много задач, решаемых экипажем в условиях полета, которые выступали бы в роли «мобилизующего фактора» — это монтажные и профилактические работы на поверхности корабля в открытом космосе, уход за космическим огородом, коллективная научная работа, разработка и передача отчетов наземному центру, телевизионная связь с Землей, перестройка интерьера кабины и т. д.

Иногда кажется, что сформировать экипаж космического корабля довольно просто: подобрали нужных специалистов, исследовали психологические особенности каждого и можно начинать тренировку подобранной таким путем группы. Однако из практики известно, что составленная из индивидуально сильных спортсменов — «звезд» команда может проиграть более слабой по составу, но сыгранной команде.

Знание индивидуальных особенностей еще не дает возможности судить о том, как будут согласовываться действия отдельного человека с действиями коллектива. Группа — не арифметическая сумма индивидуумов, а специфический организм, в котором проявляются свои закономерности.

В авиации сработанность достигается в процессе многократных полетов в составе экипажа. Там в случае несовместимости людей имеется возможность переукомплектовать экипаж. В космическом полете такая возможность часто исключается. В таких случаях нужные совместимости, взаимопонимание в экипаже космического корабля должны быть достигнуты еще до полета.

Изучение закономерностей, действующих в малых группах, разработка научных методов отбора и подготовки высокосработанных экипажей — задача весьма актуальная. Советские ученые — психологи, медики и другие специалисты уже сейчас в этой области добились определенных успехов.

Каждый человек в многоместном космическом корабле при управлении «своими» техническими средствами взаимодействует с другими членами экипажа, а также с техническими установками.

С одной стороны, относительно узкая специализация и разделение пилотажных, штурманских, инженерных и других функций способствуют более квалифицированному выполнению задач по управлению многоместным кораблем по сравнению с одноместным. С другой — разделение функций требует четкой согласованности действий, глубокого взаимопонимания между членами экипажа, умения своими действиями дополнить работу другого, чтобы успешно выполнить общую задачу.

Сработанность экипажа наиболее четко выявляется при выполнении заданий в условиях острого дефицита времени.

Развитие авиации установило необходимость высокой степени сработанности между членами экипажа, которая в психологии небольших групп людей носит название психологической совместимости.

При сравнительно непродолжительных полетах проблема совместимостей внутри экипажа, может быть, стоит и не так остро.

При разделении функций между членами экипажа принято руководствоваться рядом положений, глав-

ными среди которых являются: равномерное распределение нагрузки; необходимость выполнения одновременно не более одной целостной операции (учет «одноканальности» оператора); однородность выполнения функций; самостоятельная деятельность для выполнения единой задачи полета; безопасность выполнения функций для оператора; высокое качество работы оператора; высокая индивидуальная ответственность за выполнение работы; обеспечение активности функционирования оператора, позволяющей ему работать творчески.

При разделении функций учитывают необходимость обеспечения лидерства одним из членов экипажа (командир экипажа), возможность возникновения аварийных и стрессовых ситуаций, при которых экипаж должен быть готов к выполнению поставленных задач.

Подбору групп и групповой совместимости посвящено довольно большое число исследований, анализ которых показывает, что групповая совместимость представляет собой широкое понятие, которое включает различные межличностные отношения:

а) комплементарность потребностей — когда у двух индивидуумов они дополняют друг друга, например, когда один индивидуум проявляет сильное стремление к лидерству, а другой — потребность в повиновении, или когда один испытывает потребность заботиться о комнибудь, а другой — нуждается в такой заботе; б) конгруэнтность (соответствие) потребностей, когда два индивидуума обладают сходными потребностями и эти потребности взаимно удовлетворяются одним и тем же межличностным отношением, например, когда оба испытывают сильную потребность в сближениии или, наоборот, потребность в автономии; в) комплементарность навыков — когда недостаточные способности одного индивидуума компенсируются высокими способностями другого или когда опытный пилот и опытный штурман работают вместе, образуя эффективную бригаду; г) комплементарность знаний — когда два индивидуума обладают «неперекрывающимися» знаниями, так что каждый может учиться у другого или полагаться на компетенцию другого; д) общность ценностей — когда два или более индивидуумов имеют общую систему ценностей и правил поведения. Все эти типы совместимости связаны с жизнеспособностью группы, однако эта связь осуще-

ствляется различными путями, и нарушение каждого из типов совместимости имеет неодинаковое значение.

Вот что говорят о совместимости экипажей американские специалисты [12].

«Хотя космонавты, по всей вероятности, должны быть людьми с развитым чувством самоуважения и сильным «я», им придется испытать на себе необходимость сплотиться в группу. Эти тенденции отчетливее проявляются, когда группы гомогенны, а не гетерогенны; в сплоченных группах, сформированных из одаренных людей; в группах, члены которых зависят друг от друга при достижении целей; когда один из членов экипажа находится в опасности или под влиянием стресса; при решении вопросов, относящихся к групповым целям. Можно предположить, что при действии этих переменных экипаж космического корабля будет испытывать потребность в достижении общности ценностей, мнений, ожиданий и правил поведения».

Современный отряд космонавтов состоит из выдающихся людей, которые пользуются огромным уважением всей мировой общественности и оказывают серьезное влияние на разработку программ освоения космоса, что является результатом их беспримерных успехов и тех условий, в которых эти успехи были достигнуты. Качества, продемонстрированные космонавтами, точно отвечают техническим и полетным требованиям, которые предъявлялись к человеку программой кратковременных полетов на заре космической эры. Групповой портрет этих людей рисует их как мужественных, энергичных, высокообразованных, с незаурядными техническими способностями, опытных военных летчиков или инженеров-испытателей, людей действия, готовых на оправданный риск, руководителей, лидеров, способных к принятию решений, уверенных в своих силах. Большинство этих качество необходимо для длительных космических полетов, однако такие качества, как активность, энергичность и предприимчивость могут создать напряженность в условиях ограниченного пространства и отсутствия возможности применить чрезмерную активность.

При таких обстоятельствах особенно важное значение приобретает терпеливость, умение ограничить свою подвижность и приспособиться к малоподвижному образу жизни.

В длительных космических полетах добровольный характер участия космонавтов приобретает еще более важное значение, чем в нынешних.

Специалистам еще не совсем ясно, какие требования надо предъявлять к экипажу, стартующему в длительный полет. Не ясно также и влияние длительного полета на способность экипажа решать поставленные перед ними функциональные задачи. А без этого трудно говорить и о требованиях, которые надо предъявить ко всей эргатической системе «экипаж — корабль» или частной системе «оператор — корабль».

Предстоящие эксперименты на космических орбитальных станциях, и на Земле, вероятно, многое подскажут для совершенствования способности человека вступать в противоборство с космической средой. Должен так же быть накоплен опыт оперативных реакций на необычные полетные условия и чрезвычайные ситуации. Все эти обстоятельства, несомненно, повлияют на решения, учитывающие эргономические требования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы рассмотрели систему «космонавт — космический корабль» главным образом с позиций сегодняшнего дня, анализируя при этом результаты, полученные при сравнительно непродолжительных полетах космических кораблей и экипажей на околоземных орбитах.

А что же будет дальше, при длительных полетах на другие планеты, какие требования предъявят эти полеты к системе «космонавт — космический корабль», к самому космонавту, к экипажам будущих межпланетных кораблей? Что футурологи и ученые ждут от космонавтики в обозримой перспективе?

Космонавт Г. С. Титов говорил о том, что длительный космический полет — серьезнейшее испытание всей психики человека, и выдержат его лишь сильные духом, жизнерадостные, бесконечно увлеченные своим делом люди. Эгоист, себялюбец в такой обстановке не сможет находиться. Он не будет способствовать созданию на корабле наиболее благоприятных условий... Нельзя не согласиться с этими высказываниями.

Длительные полеты на космических кораблях (станциях) вокруг Земли или к планетам имеют общее и различаются между собой. Нахождение одних и тех же космонавтов в течение 1—2 лет на околоземной орбитальной станции (что в будущем вполне реально) будет связано с пребыванием космонавтов в относительно просторных помещениях и в сравнительной безопасности; им своевременно сможет быть оказана помощь. При полете же на другие планеты продолжительностью до двух лет и более космонавты окажутся в сильно стесненных условиях, сопровождающихся, возможно, стрессовыми ситуациями. При этом пробле-

мы, связанные с функционированием системы «космонавт — космический корабль», будут, вероятно, нуждаться в специфических решениях.

Вспомним теперь, что говорил академик В. В. Парин о более далекой, кажущейся сейчас фантастической перспективе. Речь идет о проблеме регулируемого гипобиоза (искусственный длительный сон, в течение которого организм находится при пониженной температуре и почти не расходует энергии). Гипобиотическое состояние организмов представляет интерес как с точки зрения защиты от чрезвычайных повреждающих воздействий, так и в смысле продления срока жизни в полетах очень большой продолжительности. Гипобиоз перспективен и как средство экономии запасов питания и кислорода при длительном полете. Для осуществления регулируемого гипобиоза потребуются системы, которые управляли бы холодильными установками, газодозаторами, инъекторами фармакологических веществ по командам, формируемым определенными сочетаниями биологических сигналов. Но вряд ли можно согласиться с мнением американского писателя-фантаста К. Стаймака, который в одном из рассказов говорит о том, как на большом корабле, уже много-много лет назад оставившем Землю, летят люди. Они летят так давно, что сменилось несколько поколений, и они сами забыли, откуда летят, куда и зачем. И лишь один из них — древний старик — еще помнит, как нужно ухаживать за растениями в оранжерее, чтобы они приносили плоды. Если люди когда-нибудь и заточат себя в стенах космического корабля, чтобы отправиться на поиски новых миров, то уж, наверное, они будут знать, зачем это делают, будут знать свою цель и осознанно, устремленно двигаться к ней. Поэтому все, что человек делает в космосе, служит цели познания мира. Человек не может не изучать себя, не изучать планету, на которой он живет, и тот мир, который ее окружает...

Космос... Освоение его когда-то казалось несбыточной мечтой. Земля когда-то тоже казалась необозримой и недоступной. Космос с каждым годом будет все более привычным.

И мы вместе с поэтом Пабло Неруда можем заявить: «Будущее — это космос, будущее — многоцветно»...

«Иди, открывай Вселенную!» — напутствовал Главный конструктор ракетно-космических систем Юрия

Гагарина. Во все календари мира 12 апреля вошло Первым космическим днем века. Есть и будут и другие даты, но никто и никогда не рискнет оспаривать у двенадцатого апреля его первенство. Человек пошел в космос.

Человек должен использовать себя в космосе для экспериментов, имеющих наибольшее познавательное значение.

Будущее покажет, остановит ли человека повелительный оклик немилостивой природы или же изобретательный человеческий разум снова перехитрит ее. Вероятно, так и будет.

Человек любит лучшие дары нашей жизни — свет, истину, добро, красоту, искусство. Человек любит людей, близких, друзей, все, что несет ему счастье и радости жизни.

И ради этого, ради лучшей организации нового общества на Земле человек будет идти по нехоженным космическим путям.

Люди, решив первые проблемы космонавтики, не остановятся на достигнутом. Не бывать теперь космическому штилю! Ибо человек должен жить, а жизнь — это бесстрашный полет в будущее.

Шествие человечества по Вселенной продолжается!

И на правом фланге его, как и раньше, сейчас и в будущем мы будем видеть Гражданина Советского Союза, рыцаря космоса, летчика-космонавта СССР Юрия Алексеевича Гагарина!

И человек вправе теперь не метафорически, как это сделал в свое время В. Маяковский, а «по-настоящему» заявить:

«Ну, вы!
Небо!
Снимите шляпу.
Я иду»...

... И идут вперед и вперед труженики космоса, покоряя одну его вершину за другой.

Счастливого Вам, космоплавания!

Одним словом, космос, космонавтика — это дорога без конца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бубнов И. Н., Каманин Л. Н.** Орбитальные космические станции. М., Воениздат, 1964, 185 с.
2. **Бугаев Б. П., Денисов В. Г.** Пилот и самолет. М., Машиностроение, 1976, 110 с.
3. **Гагарин Ю. А., Лебедев В. И.** Психология и космос. Изд. 2-е. М., Молодая гвардия, 1971, 206 с.
4. **Денисов В. Г., Онищенко В. Ф.** Инженерная психология в авиации и космонавтике. М., Машиностроение, 1972, 313 с.
5. **Денисов В. Г.** Человек и машина в системе управления. М., Знание, 1973, 63 с.
6. **Денисов В. Г., Сокол В. В.** Радиоэлектроника и эргономика. М., Знание, 1974, 63 с.
7. **Денисов В. Г., Онищенко В. Ф., Яздовский В. И.** Психофизиологические возможности космонавтов по управлению космическим кораблем и его системами (Инженерная психология). — В кн.: Космическая биология и медицина. М., Наука, 1966, 489 с.
8. **Космонавтика.** Маленькая энциклопедия. М., Советская энциклопедия, 1970, 592 с.
9. **Леонов А. А., Лебедев В. И.** Психологические особенности деятельности космонавтов. М., Наука, 1971, 255 с.
10. **Основы** космической биологии и медицины. Совместное советско-американское издание. Том II. Под ред. акад. О. Г. Газенко (СССР) и М. Кальвина (США). М., Наука, 1975, 449 с.
11. **Человек** — оператор в космическом полете/Е. В. Хрунов, Л. С. Хачатурьянц, В. А. Попов, Е. А. Иванов. М., Машиностроение, 1974, 399 с.
12. **Человек** в длительном космическом полете. Под ред. акад. АН СССР О. Г. Газенко. М., Мир, 1974, 360 с.
13. **Шари М.** Человек в космосе. М., Мир, 1971, 199 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ИБ № 2465

Виктор Григорьевич **Денисов**

Космонавт
и космический
корабль

Редактор **Н. А. Педченец**
Художественный редактор **С. С. Водчиц**
Технические редакторы **Л. Т. Зубко** и **В. И. Орешкина**
Обложка художника **А. Н. Ковалева**
Корректор **А. М. Усачева**

Сдано в набор 14.05.79. Подписано в печать 27.11.79. Т-16969. Формат 84×108 1/32. Бумага типографская № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 8,65. Тираж 20 000 экз. Заказ № 847. Цена 25 к.

Издательство «Машиностроение», 107885, ГСП-6, 1-й Басманный пер., 3.

Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 103051, Цветной бульвар, 26.